

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация компрессорной станции путем замены вспомогательного оборудования

УДК 622.691-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракитович	К.Х.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Валитова Елена Юрьевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
Р1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
Р2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
Р3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
Р4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
Р5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазового оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-e).
Модуль специализации «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»		
P9	Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов установок, технического обслуживания и ремонта оборудования.	ОПК-5, ОПК-6, ПК-3, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-21, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>
P10	Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия.	<i>ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-10, ПК-12, ПК-17, ПК-21, ПК-23, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>
P11	Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.	<i>ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-10, ПК-17, ПК-30, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Куклину Евгению Олеговичу

Тема работы:

Модернизация компрессорной станции путем замены вспомогательного оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-123/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Расчет производительности компрессоров и выбор типа компрессора. Расчет и выбор воздушных фильтров. Расчет и выбор воздухоохладителя. Расчет и выбор маслоохладителя. Расчет и выбор влагмаслоотделителя. Расчет и выбор воздухосборника.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Обзор литературы	Доцент ОНД Зиякаев Григорий Ракитович
Теоретические сведения о воздушных компрессорных станциях	Доцент ОНД Зиякаев Григорий Ракитович
Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования ВКС	Доцент ОНД Зиякаев Григорий Ракитович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ассистент Черемискина Мария Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы	
Теоретические сведения о воздушных компрессорных станциях	
Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования ВКС	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракитович	к.х.н.		29.02.2020
Старший преподаватель	Валитова Елена Юрьевна			29.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович		29.02.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): 21.03.01 Нефтегазовое дело

Уровень образования: высшее

Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

Период выполнения: весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.03.2020	Обзор литературы	25
02.04.2020	Теоретические сведения о воздушных компрессорных станциях	25
23.04.2020	Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования ВКС	30
07.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
21.05.2020	Социальная ответственность.	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракитович	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Валитова Елена Юрьевна	К.П.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н		

Условные обозначения

БАСМ – бак аварийного слива масла;

ВКС – воздушная компрессорная станция;

ГБМ – главный маслобак;

КПД – коэффициент полезного действий;

КС – компрессорная станция;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

КИА- контрольно-измерительная аппаратура;

КШМ – кривошипно-шатунный механизм

МБ – бак для циркуляции масла;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ПВД – предельно-допустимый выброс;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

РД – регулятор давления;

ЦК – центробежный компрессор

Реферат

Выпускная квалификационная работа 107 страниц, в том числе 20 рисунок, 22 таблицы и 32 источника

Ключевые слова: компрессор, производительность, фильтр, воздухоохладитель, воздуховод, влагомаслоотделитель, воздухохоборник, маслоохладитель.

Объектом исследования: воздушная компрессорная станция с исходными данными по трем сменам.

Цель работы – Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования воздушной компрессорной станции

В процессе исследования был произведен расчеты производительности компрессорной станции, воздушны фильтров, концевого воздушного охладителя, влагомаслоотделителя, воздухохоборника, маслоохладителя.

В результате исследования составлена выбрано основное оборудование компрессорной станции: компрессор, холодильник, ресивер, маслоохладитель, сепаратор влаги и масла.

Степень внедрения: воздушная компрессорная станция может работать на любом промышленном предприятии.

Область применения: воздушная компрессорная станция.

Оглавление	
Введение	12
1. Обзор литературы	14
2. Теоретические сведения о воздушных компрессорных станциях	16
2.1. Устройство воздушной компрессорной станции	17
2.2. Компрессорные агрегаты	19
2.2.1. Поршневые компрессоры	20
2.2.2. Центробежные компрессоры	24
2.2.3. Винтовые компрессоры	27
2.3. Вспомогательное оборудование	30
2.3.1. Фильтры	30
2.3.2. Промежуточные и концевые охладители	31
2.3.3. Отделители влаги и масла	34
2.3.4. Установки для осушки воздуха	35
2.3.5. Воздухосборники	37
2.3.6. Смазочные системы	39
3. Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования ВКС	40
3.1. Общие положения	40
3.2. Расчет производительности КС и выбор типа компрессоров	42
3.3. Расчет и выбор воздушных фильтров	49
3.4. Расчет и выбор воздухоохладителя	50
3.5. Расчет и выбор маслоохладителя	58
3.6. Расчет влагомаслоотделителя	64
3.7. Расчет воздухосборника	64
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	67
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования	67
4.2. Анализ конкурентных технических решений	67
4.3. Технология QuaD	69
4.4. SWOT-анализ	70
4.5. Планирование управления исследовательским проектом	73
4.5.1. План проекта	73
4.5.2. Определения трудоемкости выполнения работ	74

4.5.3. Разработка графика проведения научного исследования	75
4.6. Бюджет проекта	77
4.6.1. Расчет материальных затрат.....	77
4.6.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	78
4.6.3. Отчисления во внебюджетные фонды	81
4.6.4. Накладные расходы.....	81
4.6.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	81
4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	82
5. Социальная ответственность	89
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	89
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	91
5.2. Производственная безопасность	92
5.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды	93
5.2.2. Анализ опасных факторов производственной среды	96
5.3. Экологическая безопасность	99
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
Заключение	104
Список литературы	105

Введение

В промышленных предприятий различные носители энергии осуществляют технологические процессы. В зависимости от технологических условий, условий снабжения энергии и технико-экономических показателей процессов производства совершается выбор целесообразных носителей энергии. Сжатый воздух во многих областях народного хозяйства используется одновременно с ведущими носителями энергии, а именно: топливо и электричество. В значительном объеме технологического воздуха нуждаются фирмы нефтехимической, машиностроительной и судостроительной промышленности. Нельзя не отметить, что применение компримированного воздуха механизует и ускоряет технологические процессы.

Из-за его уникальных особенностей появился высокий спрос на сжатый воздух в качестве носителя энергии, а именно таких как: неспособность к конденсации, негорючесть, безвредность, прозрачность, упругость, неограниченный запас в природе, быстрая передача давления.

Всеобщее потребление компримированного воздуха для технологических процессов и механизации работ объясняется тем фактом, что он обладает хорошей транспортабельностью, то есть его удобно переносить из места получения в места потребления по трубам и баллонам.

Сжатый воздух используется в различных пневмоприемниках, пневмооборудовании, пневмоинструменте и т.д.

При работе в опасных условиях применение сжатого воздуха является единственным верным решением так как может образоваться взрывы и пожары при потреблении электрической энергии.

1. Обзор литературы

Воздушные компрессоры применяются для различных операций по переработке газа на нефтеперерабатывающих заводах. Благодаря воздушным компрессорам высокого давления специалисты по переработке могут улучшить качество сырой нефти. С использованием компрессоров среднего давления нефть становится пригодной для использования в качестве топлива.

На нефтеперерабатывающем заводе потребляется сжатый воздух в пневматических системах автоматического регулирования и контроля, еще применяется в различных операциях, а именно: регенерация катализатора на аппаратах гидроочистки, каталитический риформинг и крекинг, чистка змеевиков трубчатых печей от коксовых образований и т.п.

НПЗ включается в себя две автономные конструкции централизованного воздухообеспечения – воздух, предназначенный для систем автоматического регулирования и воздух, используемый для технологических нужд.

К давлению воздуха, подаваемому потребителям предъявляются различные запросы. На российских нефтяных заводах есть централизованные системы сжатого воздуха давлением 8 кг/см² и 55 кг/см². На установках с большим объемом потребления технологического воздуха (каталитический крекинг, производство битума), как правило, сооружаются конструкции независимого воздухообеспечения.

Когда определяют количество компрессорных установок, то на заводе предусматривают расстояние до самого удаленного потребителя воздуха (потери давления в трубопроводе до потребителя не должны быть больше 2 кг/см²). От потребности в технологическом воздухе и необходимости обеспечения непрерывного оснащения воздухом постоянных потребителей зависит выбор числа компрессорных машин.

Необходимо подавать чистый и высушенный воздух к устройствам автоматического управления и регулирования. Вследствие этого в составе воздушных компрессорных станций учитывают установку фильтров и оборудования, служащего для осушки воздуха. Преимущественно методом

осушки воздуха на НПЗ осуществляется адсорбционным, с помощью которого добиваются низкого содержания в составе воздуха влаги.

Создание сжатого воздуха является дорогим процессом, поскольку для привода компрессора потребуется много электрической энергии. Затраты электрической энергии на производство сжатого воздуха доходит до 30% от общего количества потребляемой электрической энергии на разных предприятиях. В следствии этого можно сделать вывод от том, что задача экономии расходов электрической энергии актуальна на ВКС.

Для совершенствования технико-экономических характеристик работы систем воздухообеспечения необходимо стремиться к экономии электрической энергии в процессе выработки компримированного воздуха, эффективности использования компрессоров, снижению потерь воздуха при перемещении воздуха, рациональному использованию пневмоприемников и другим мероприятиями.

2. Теоретические сведения о воздушных компрессорных станциях

На промышленных предприятиях, нуждающихся в значительном количестве сжатого воздуха, компрессоры располагаются на специальных компрессорных или воздуходувных станциях, которые оснащают воздухом все или часть организации.

Компрессорная установка характеризуется [1]:

- 1) давлением нагнетаемой среды, измеряемым в кг/см^2 или в атм;
- 2) производительностью компрессора, выражающейся объемом всасываемого воздуха и измеряемой в $\text{м}^3/\text{мин}$ или в $\text{м}^3/\text{час}$;
- 3) мощностью двигателя, приводящее в действие компрессор, измеряемой в кВт или л.с.

По величине давления воздуха, развиваемого компрессором, различают компрессорные станции [1]:

- низкого давления (от 0,3 до 2,5 мпа);
- среднего давления (от 2,5 до 6 мпа);
- высокого давления (от 6 до 35 мпа);
- сверхвысокого давления (свыше 35 мпа).

Компрессорные станции можно условно классифицировать по суммарной производительности [1]:

- 1) малые КС — производительность до $1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ($100 \text{ м}^3/\text{мин}$);
- 2) средние КС — производительность от $1,7$ до $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ($100 \div 500 \text{ м}^3/\text{мин}$);
- 3) большие КС — производительность свыше $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ($500 \text{ м}^3/\text{мин}$).

Компрессорные установки могут быть стационарные и передвижные. Стационарные ВКС являются частью оборудования, которое предстает отдельный технологический процесс, или же имеют шансы быть частью оборудования целого производства (цех сжатого воздуха для обеспечения работы КИПиА). Передвижные станции оснащают компримированным воздухом установки, использующиеся на монтажных, земляных и

строительных работах. Передвижные станции могут питаться от электродвигателя через переменные электропередачи, а также могут быть совершенно автономными с приводом от ДВС.

Пример воздушной компрессорной станции изображен на рисунке 2.1.

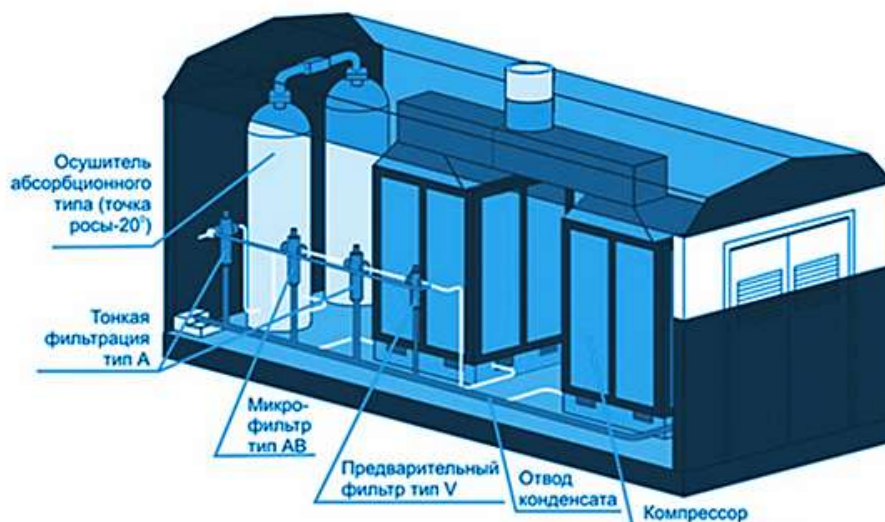


Рисунок 2.1 – Модульная воздушная компрессорная станция [1]

2.1. Устройство воздушной компрессорной станции

Составными элементами ВКС являются: компрессоры, двигатели для привода в действие компрессоров, оборудования для забора и очистки атмосферного воздуха, дроссельное устройство, контролирующее расход поступающего воздуха, устройства для охлаждения сжатого воздуха, влагомаслоотделители, установки для осушки воздуха, воздухохранилища и воздухоохранные емкости, наполнительные рампы, внутренние сети трубопроводов, масляное хозяйство, запорной и предохранительной арматура, а еще КИА. Системы распределения сжатого воздуха включают в себя воздухораспределительные сети (между и внутри цехов), распределительное оборудование у пневмоприемников (потребителей сжатого воздуха), баллонный транспорт, воздухохранилища-ресиверы. [2]

На рисунке 2.2. показана технологическая схема воздушной компрессорной станции.

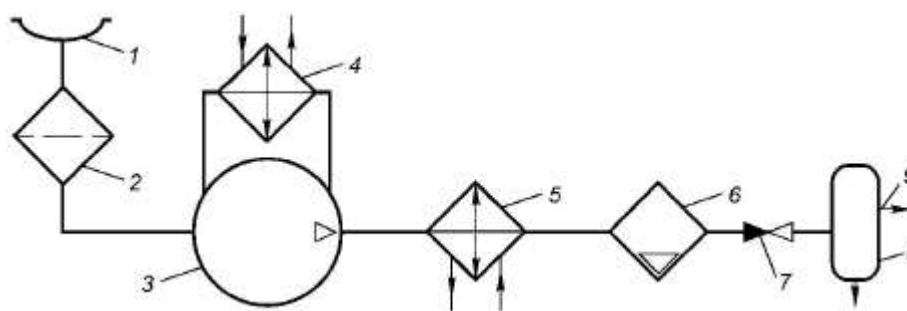


Рисунок 2.2 – Принципиальная технологическая схема воздушной компрессорной станции. [7]

1 –заборная шахта; 2 – воздушный фильтр; 3 – компрессор; 4 – промежуточный воздухоохладитель; 5 – концевой воздухоохладитель; 6 – влагомаслоотделитель; 7 – обратный клапан; 8 – воздухосборник; 9 – магистральный нагнетательный воздухопровод.

Компрессор – основа компрессорной станции. К компрессору присоединяется силовой агрегат или привод, который приводит его в действие.

А все остальное оборудование относится к вспомогательному, которое необходимо для безопасной, надежной, долговременной и экономичной работы КС, снижения износа компрессоров, а еще для снабжения потребителей технологическим воздухом необходимой температуры, давления, чистоты и минимальной влажности.

К вспомогательному оборудованию КС можно отнести [7]:

- устройства для очистки всасываемого воздуха от механических примесей и влаги (фильтр – камеры и фильтры);
- устройства для охлаждения нагнетаемого воздуха (промежуточные и конечные (концевые) воздухоохладители (холодильники);
- устройства для очистки и осушки нагнетаемого воздуха от масла и воды (влагомаслоотделители);
- сосуда для аккумуляирования воздуха и выравнивания давления в пневмосети;

- воздухохранилики (ресиверы), воздухохранилики емкости (баллоны), буферные емкости;
- устройства для осушки нагнетаемого воздуха (осушительные установки);
- устройства для наполнения воздуха в баллоны (наполнительные рампы).

Принцип действия ВКС выглядит следующим образом: из атмосферы поступает воздух и дальше, пройдя сквозь фильтр, движется по всасывающему трубопроводу прямо в компрессор. Двигатель (ДВС, электродвигатель) приводит в действие компрессор. Воздух, нагретый в компрессоре в процессе сжатия, охлаждается в промежуточном и конечном охладителе и направляется через воздухохранилики по воздухопроводу к потребителям.

2.2. Компрессорные агрегаты

Компрессорный агрегат – это рабочая машина, служащая для увеличения давления, сжатия и перемещения (транспорт) воздуха или газа.

Классификацию компрессорных машин можно разделить на следующие категории: по непосредственному назначению, по способу отвода тепла, конечному давлению, по принципу действия, по типу приводного двигателя, по развиваемой производительности, по виду установки.

Выделяют виды компрессоров в зависимости от конечного давления [9]:

- вакуум-компрессоры, газодувки – 0,01 – 0,2 мпа;
- низкого давления – 0,2 – 1,0 мпа;
- среднего давления – 1,0 – 10 мпа;
- высокого давления – 10 – 100 мпа;
- сверхвысокого давления – выше 100 мпа.

Различают по производительности [9]:

- малой производительности – до 0,015 м³/с;
- средней производительности – до 0,015 м³/с;
- малой производительности – до 0,015 м³/с;

Условно можно разделить компрессоры на 2 группы в зависимости от принципа действия, а именно: объемные и динамические. В первую группу входят поршневые компрессоры с возвратно-поступательным движением поршня, роторные с вращательным движением поршневытеснителей, винтовые с ротором переменного шага и мембранные, в которых выступает в роли поршня. А второй принадлежат центробежные компрессоры с потоком газа, направленным радиально от центра к периферии и осевые с потоком газа, движущимся в осевом направлении при вращении колеса с лопатками.

2.2.1. Поршневые компрессоры

Это первый тип компрессоров, который стали массово применять для компримирования газа. В поршневых компрессорах сжатие газа осуществляется за счет перемещения поршня, выполняющего возвратно-поступательное движение в цилиндре под действием КШМ.

Корпус поршневого компрессора изготавливают литьем, и он имеет специальные интегрированные нержавеющие патрубки, для обеспечения перехода газа на следующие этапы. Каждая модель компрессора проектируется для решения конкретных диапазонов давлений, объёмов, и коэффициента сжатия газа.

Различают компрессоры прямого действия, в которых газ сжимает с одной стороны от поршня, и двойного, в которых сжатие газа осуществляется обеих областях, но процессы сдвинуты по времени на длительность хода поршня. [9]

В ряде конструкций крейцкопф отсутствует, назначение которого соединения поршня и шатуна в крейцкопфном кривошипно-шатунном механизме, в котором поршень жестко связан с крейцкопфом с помощью штока разгружен от нормальной силы, так как ее действие переносить на крейцкопф.

На рисунке 2.3. изображена схема работы поршневого компрессора простого и двойного действия.

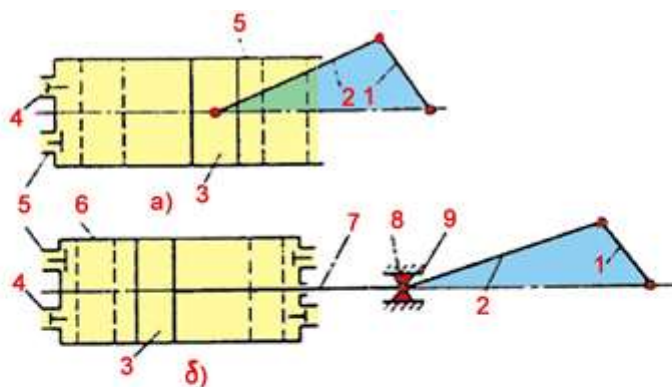


Рис. 1

простого (а) и двойного (б) действия:

1 - коленчатый вал; 2 - шатун; 3 - поршень; 4,5 - нагнетательный и всасывающий клапаны; 6 - цилиндр; 7 - шток; 8 - крейцкопф; 9 - направляющая крейцкопфа

Рисунок 2.3 – Схема работы поршневого компрессора простого и двойного действия. [9]

Компрессоры разделяют также по числу ступеней сжатия и по количеству цилиндров. Идея последовательного сжатия газа в нескольких ступенях заключается в том, что необходимо сократить температуру сжимаемого газа, поскольку высокая температура в цилиндровой группе способствует разложению смазочных масел, эксплуатационные свойства их утрачиваются, появляется нагар. В воздушных компрессорах существует опасность воспламенения и взрыва появившегося нагара, скопившегося на поверхности клапанов и на крышках цилиндров, в трубопроводах. Также необходимость в многоступенчатом сжатии обуславливается невозможность получения требуемого давления в одном цилиндре. [2]

Можно выделить преимущества многоступенчатого сжатия перед одноступенчатым, а именно: сокращается работа сжатия, возрастает безопасность смазки цилиндров и улучшается коэффициент подачи.

По расположению цилиндров поршневые компрессоры делятся на вертикальные, горизонтальные оппозитные, У-образные. На рисунке 2.4 представлена схемы поршневых компрессоров.

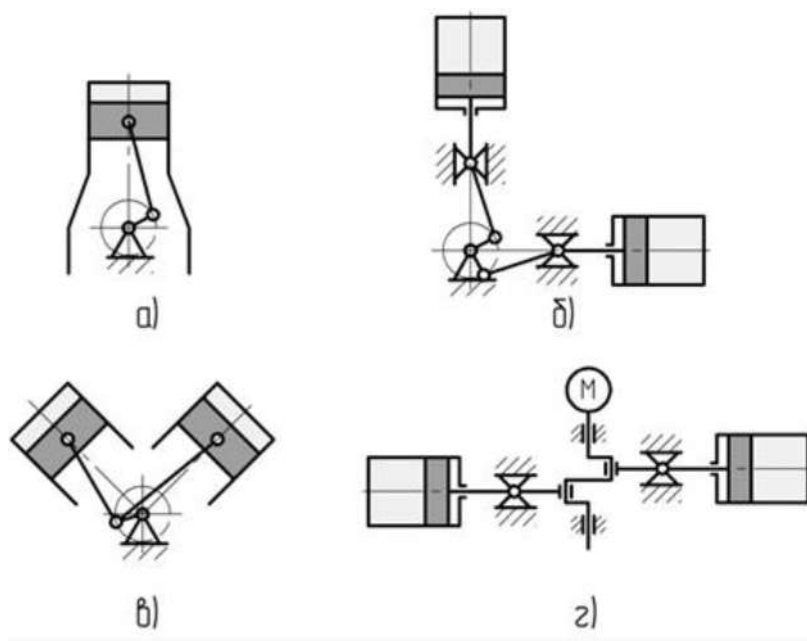


Рисунок 2.4 – Схемы поршневых компрессоров.

а – вертикальный; б – прямогоугольный; в – У-образный; г – горизонтальный оппозитный [2]

Традиционный тип крупного горизонтального компрессора был вытеснен из-за преимуществ оппозитных компрессоров.

На рисунке 2.5 представлен оппозитный поршневой компрессор.

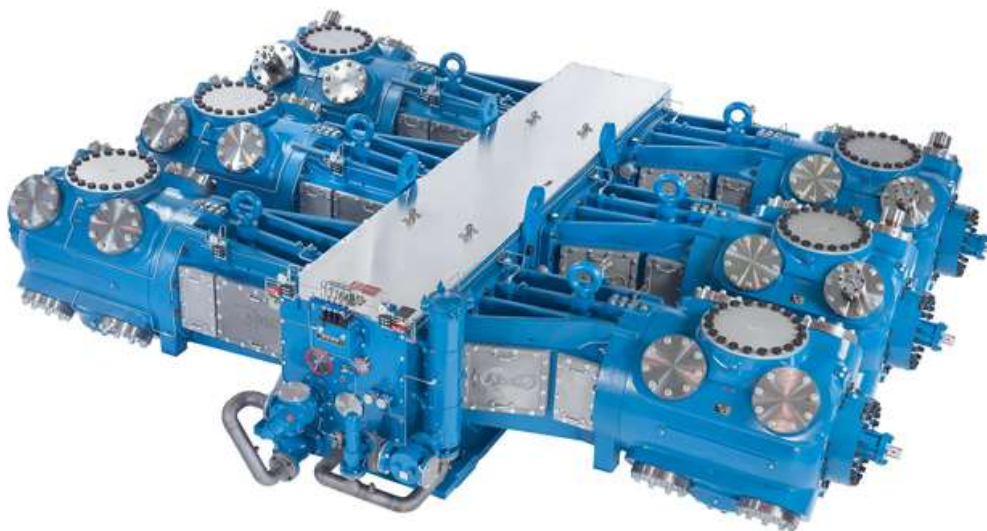


Рисунок 2.5 – Горизонтальный оппозитный поршневой компрессор Agiel [9]

Основные компоненты типичного поршневого компрессора с возвратно-поступательным движением показаны на рисунке 2.6.

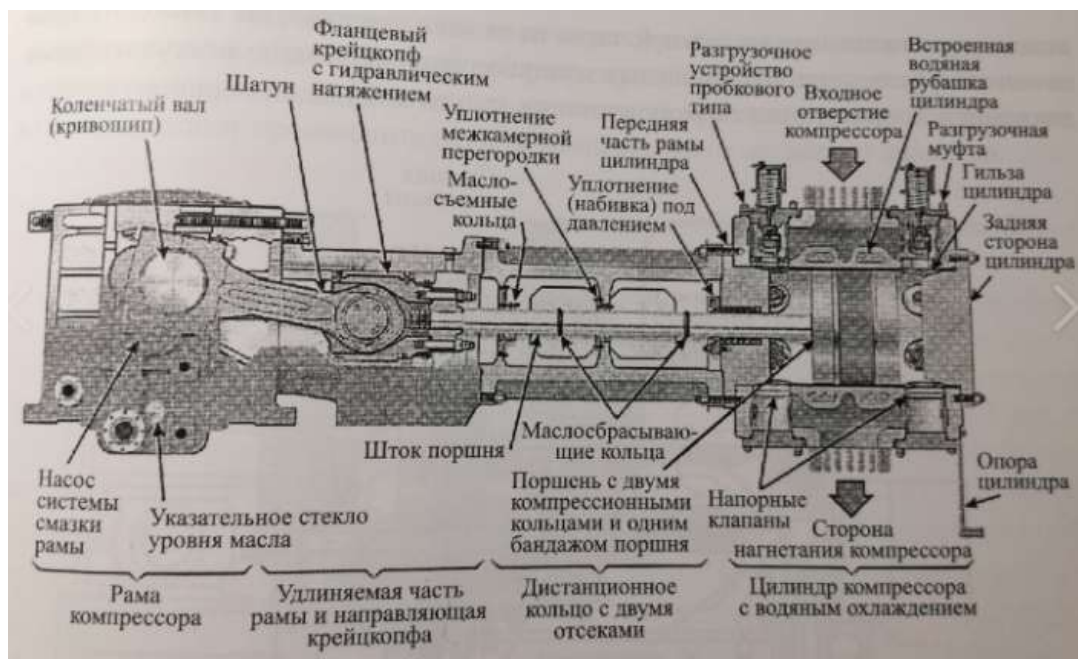


Рисунок 2.6 – Компоненты поршневого компрессора с возвратно-поступательным движением поршня. [11]

Способы регулирования поршневых компрессоров [3]:

- 1) дросселирование на входе в компрессор;
- 2) изменение объема мертвого пространства цилиндров;
- 3) присоединение дополнительной полости на части хода;
- 4) отжим всасывающих клапанов;
- 5) изменение хода поршня;
- 6) блокировка групп цилиндров или всасывающих каналов отдельных цилиндров;
- 7) изменение частоты вращения.

Преимущества и недостатки:

Преимущества [3]:

- 1) высокая ремонтпригодность;
- 2) устойчивость к неблагоприятным воздействиям окружающей среды;
- 3) применения в пыльных производствах;
- 4) низкие энергозатраты;
- 5) возможность сжимать газы до высокого давления.

Недостатки [3]:

- 1) высокий уровень шума;
- 2) вибрация;
- 3) необходим фундамент;
- 4) много трущихся поверхностей, требующих особого внимания при обслуживании и эксплуатации.

2.2.2. Центробежные компрессоры

В ЦК движение газа имеет радиальное направление, поскольку создаётся оно вращением рабочих колёс с лопатками. Центробежные компрессоры могут включать в себя несколько ступеней, количество которых зависит требуемого повышения давления. В состав каждой ступени входят следующие элементы: рабочее колесо, диффузор и обратный направляющий аппарат.

На рисунке 2.6 показан многоступенчатый ЦК

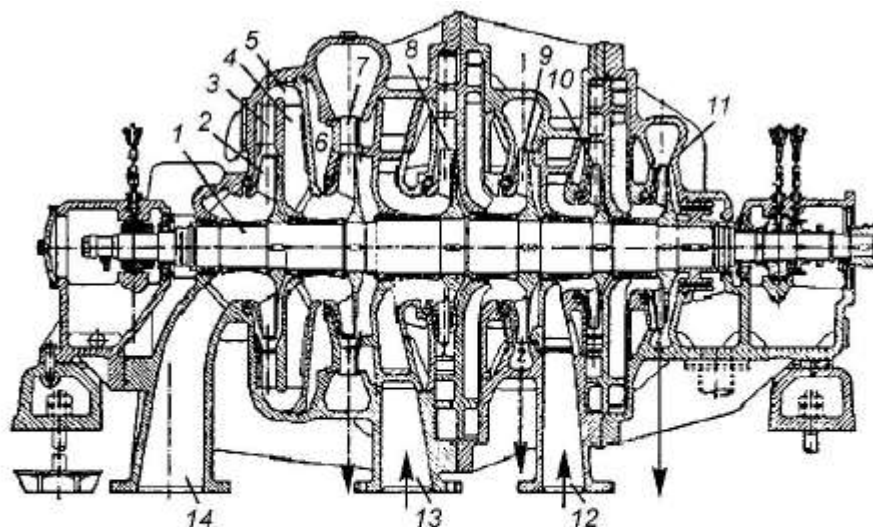


Схема многоступенчатого центробежного компрессора:

1 — вал; 2, 6, 8...11 — рабочие колеса; 3, 7 — кольцевые диффузоры;
4 — обратный направляющий канал; 5 — направляющий аппарат;
12, 13 — каналы для подвода газа из холодильников; 14 — канал для всасывания газа.

Рисунок 2.6 – Схема многоступенчатого центробежного компрессора [3]

Принцип действия заключается в следующем: поскольку при вращении рабочего колеса на входе в компрессор образуется разрежение, то рабочее тело движется по всасывающему патрубку в канал меж лопаток. Перекачиваемая

среда выбрасывается от центра к периферии под влиянием центробежного силы и ее скорость возрастает. В диффузоре скорость сжатой рабочей среды уменьшается, однако его давление возрастает, другими словами, потенциальная энергия потока повышается. По направляющему аппарату газ движется в следующую ступень, где цикл повторяется, пройдя все ступени, газ поступает в выходную часть корпуса (улитку) и далее в нагнетательный патрубок.

К совершенству точности изготовления и качеству поверхности рабочих колес накладываются особые требования.

На рисунке 2.7. изображены рабочие колеса ЦК.

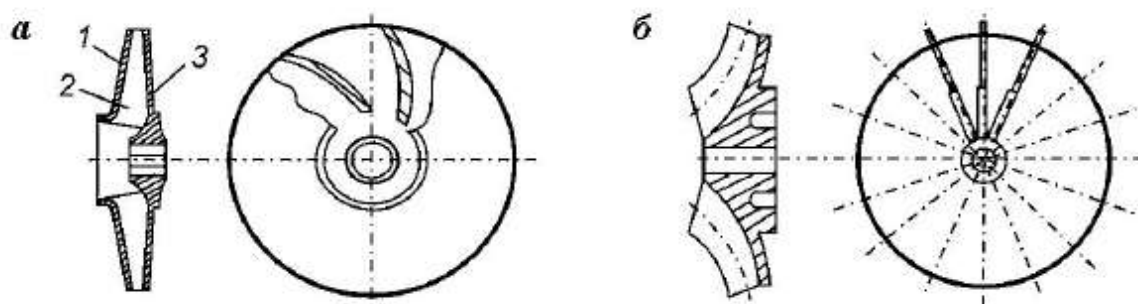


Рис. 15
Рабочие колеса центробежных компрессоров:
а — закрытого типа; *б* — полукрытого типа.

Рисунок 2.7 – Рабочие колеса центробежных компрессоров [7]

Выполняться рабочие колеса могут с односторонним и двухсторонним входами.

Во время эксплуатации ЦК меж ступеней и внутри ступени образуются перепады давления, которые ведут за собой перетоки рабочей среды из области высокого давления в область низкого давления через зазоры, имеющиеся между перемычками ступеней и валов, а также между дисками рабочих колес и корпусами ступеней. По величине этих утечек определяется КПД машины. В центробежных компрессорных машинах для предотвращения утечек газа в зазорах применяют лабиринтные уплотнения. Результативность лабиринтного уплотнения определяется формой и наклоном гребешков, их числа z , перепада давлений, уплотняемых полостей, величины зазора δ и

определяется расходом перетекающего воздуха. На рисунке 2.8 приведены схемы лабиринтных уплотнений.

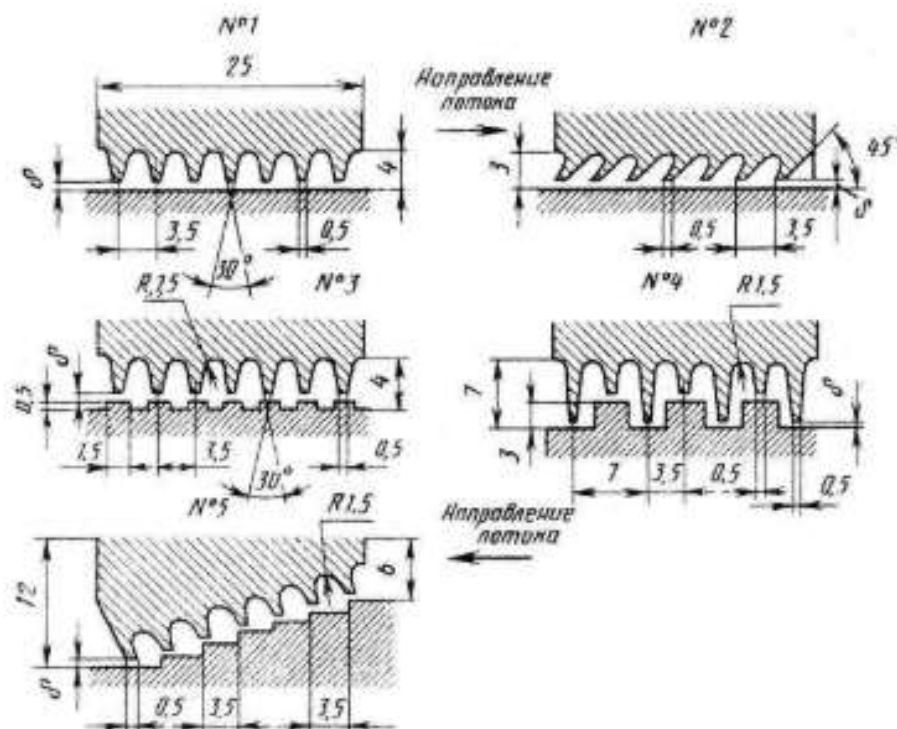


Рисунок 2.8 – Схемы лабиринтных уплотнений [3]

Масло к подшипникам скольжения компрессора и привода, к уплотнениям и к органам регулирования подается от централизованной смазочной системы под давлением пусковым и рабочими смазочными насосами. Охлаждение газа и масла в охладителях водяное.

Приводом обычно является синхронный электродвигатель или паровая турбина.

Методы регулирования центробежных компрессоров [9]:

- 1) байпасирование потока газа – перепуск сжатого газа обратно на всасывание компрессора;
- 2) дросселирование потока газа на входе поворотной заслонкой;
- 3) закручивание потока газа на входе с помощью лопаточного входного направляющего аппарата (ВНА).
- 4) Изменение частоты вращения частотным преобразователем.

Основные преимущества центробежных компрессоров [9]:

- 1) меньшие габаритные размеры и вес при такой же мощности, какая была бы у соответствующего поршневого компрессора;
- 2) вал соединяется непосредственно с валом двигателя без использования механизмов, которые меняют частоту вращения;
- 3) подача равномерна и непрерывна;
- 4) отсутствие клапанов, следствием чего обеспечивается большая надежность эксплуатации;
- 5) В подаваемой рабочей среде отсутствует смазка, необходимая рабочим органам.

Для данного типа компрессора недостатками являются [9]:

- 1) небольшой КПД;
- 2) ограниченная степень сжатия;
- 3) незначительный напор.
- 4) при уменьшении производительности высокая вероятность помпажа.

Рабочий диапазон [9]:

- 1) Диапазон мощности: 500 - 35000 кВт;
- 2) Диапазон объёма: 3000 - 1300000 м³/ч;
- 3) Давление: 0,3 - 10 МПа;
- 4) Скорость: 300 - 13000 об/мин.

2.2.3. Винтовые компрессоры

Впервые в 1908 был зарегистрирован патент на винтовой компрессор.

В винтовых компрессорах сжатие среды происходит за счет двух сцепленных между собой роторов с винтовыми зубьями.

Основные компоненты винтового компрессора:

- 1) корпуса (цилиндра);
- 2) ведущего и ведомого роторов с зубчато-винтовыми лопастями.

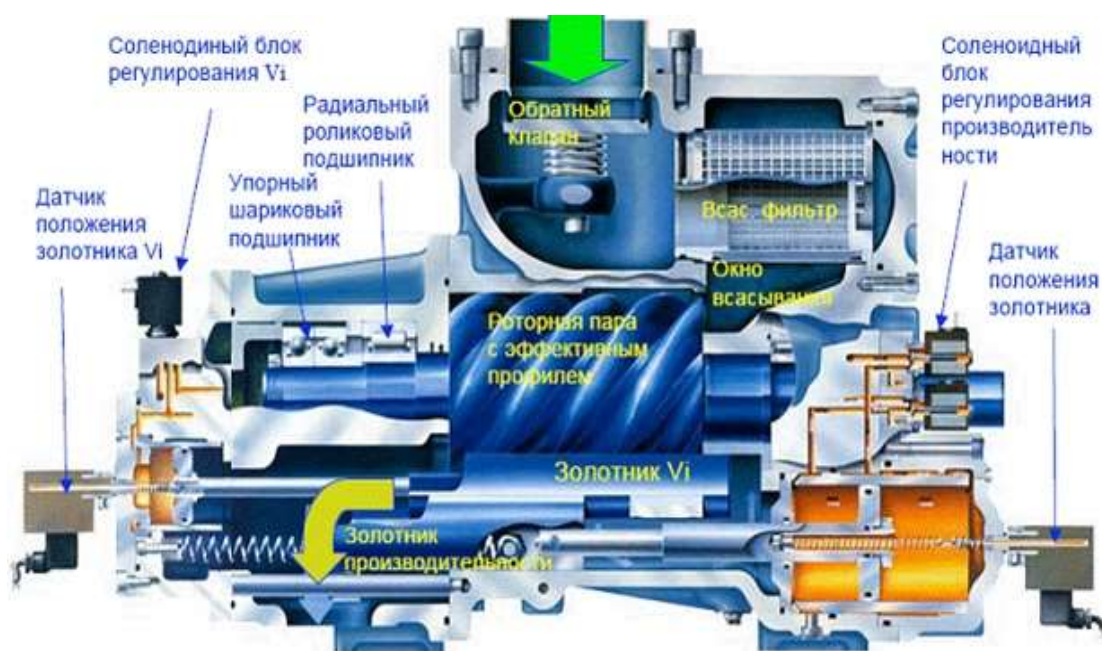


Рисунок 2.9 – Схема винтового компрессора [3]

Винтовые компрессоры бывают безмаслянные и маслозаполненные.

В маслозаполненных винтовых компрессорах, масло постоянно впрыскивается в винтовой блок, для предотвращения металлического контакта между роторами. Так же помимо смазки винтового блока, масло уплотняет зазоры между роторами и корпусом, между роторами, а также отводит тепло.

Для очистки сжатой среды от масла, устанавливается маслоотделитель.

Главной особенностью винтовых компрессоров является фиксированная степень сжатия. Винтовые компрессоры идеально подходят для многоступенчатого сжатия.

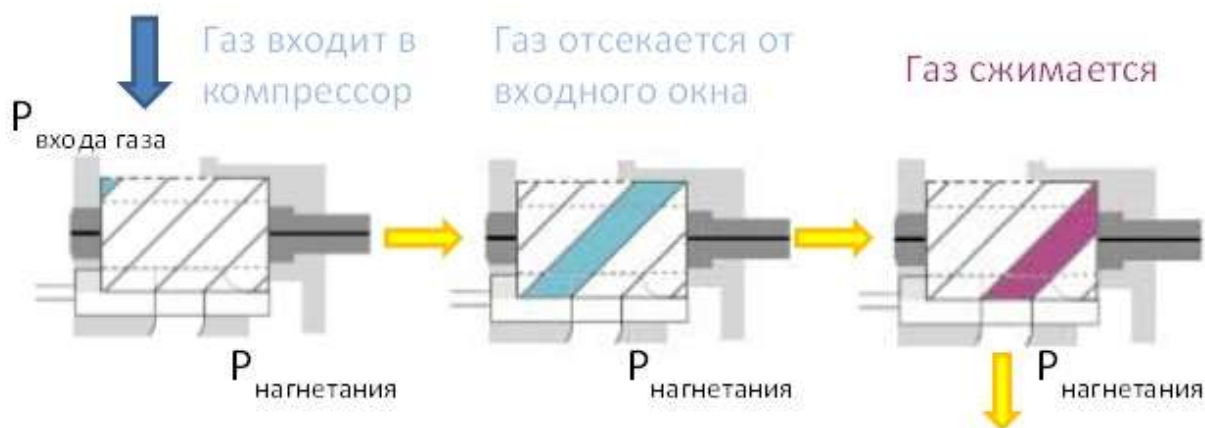


Рисунок 2.10 – Принцип работы винтового компрессора [3]

Регулировка винтовых компрессоров:

Самым главным преимуществом этих компрессоров является плавное регулирование производительности. Регулировка осуществляется в широком диапазоне от 100% до 10%, достигается за счет регулировки золотниковых клапанов (ползунов).

При полной нагрузке эффективность винтовых компрессоров ниже, чем у поршневых и центробежных (из-за невозможности обеспечения точного совпадения внутренней и внешней степени сжатия). [3]

Преимущества и недостатки:

Преимущества [3]:

- 1) высокая степень сжатия;
- 2) надежность в работе;
- 3) не нужен специальный фундамент;
- 4) отсутствие клапанов и трущихся деталей в полости сжатия, повышающее надежность;
- 5) отсутствие механических преобразователей;
- 6) возможность обрабатывать газы с различной молярной массой;
- 7) возможность работать со средой, содержащую капельную жидкость;
- 8) высокая энергоэффективность;
- 9) не требует больших начальных вложений и малые капитальные вложения на ремонт;
- 10) не свойственна вибрация;
- 11) компактность;
- 12) низкая стоимость;
- 13) простота обслуживания;
- 14) малые габаритные размеры и вес.

Недостатки [3]:

- 1) содержание масла;
- 2) необходима масляная система с элементами охлаждения;

3) при малой загруженности компрессора на всасываемом участке существенно снижается КПД.

Винтовые компрессоры характеризуются отличными показателями энергосбережения, и низкими расходам на обслуживание.

Рабочие диапазоны [3]:

Диапазон мощности: 100 - 3500 кВт;

Диапазон объёма: 300 - 12000 м³/ч;

Давление: 0,4 -6,3 Мпа;

Скорость: 500 - 3000 об/мин.

2.3. Вспомогательное оборудование

2.3.1. Фильтры

Чтобы удалить из атмосферного воздуха механические примеси и влагу, нарушающие нормальную работу компрессора (образование нагара, быстрейший износ трущихся поверхностей его необходимо прогнать сквозь особые устройства. [9]

В процессе работы компрессора используются фильтры, которые являются очистителями атмосферного воздуха содержания в нем влаги и пыли. [9]

В компрессорных станциях обычно используются масляные металлические фильтры. В металлических фильтрах для среднегабаритных установок по ходу газа размещают одну или несколько кассет с металлическими или фарфоровыми кольцами (кольцами Рашига) диаметром и толщиной 10 мм, смоченными висциновым маслом. Площадь фильтрующей поверхности определяют из расчета 0,25...1,0 м² на каждые 1000 м³ газа или воздуха, всасываемого за 1 час. От этого зависят размеры фильтра, площадь и число кассет по вертикали. Висциновые фильтры состоят из ящиков – ячеек с сетчатым дном, плотно наполненных стальными (латунными) кольцами или крупной металлической стружкой. Когда всасываемый воздух проходит сквозь фильтры, пыль и влага остаются на поверхности материала фильтра. [9]

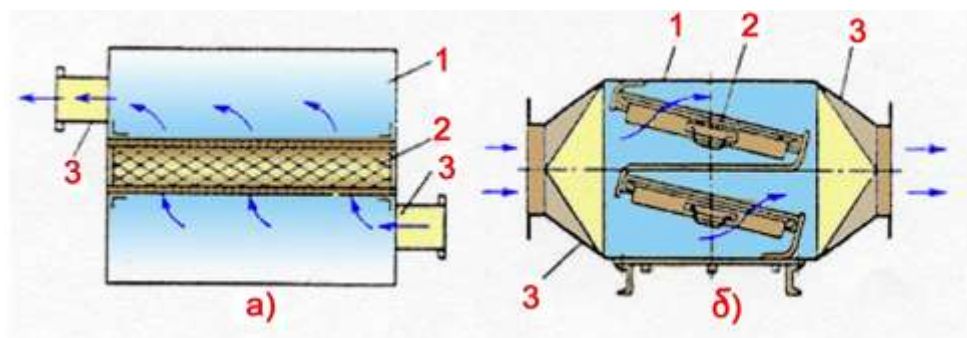


Рисунок 2.11 - схемы металлического фильтра [9]

а – однокассетный; б – двухкассетный;

1 – корпус; 2- кассета фильтра; 3- патрубки входа и выхода воздуха.

В последнее время широкое применение нашли самоочищающиеся фильтры.

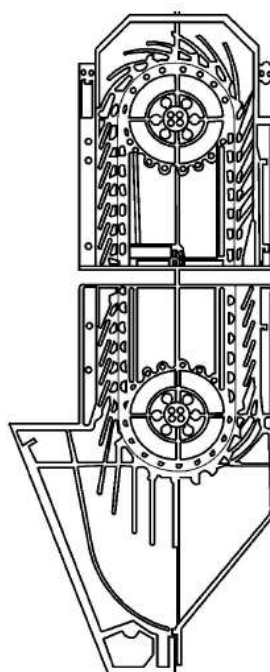


Рисунок 2.12 – Самоочищающийся фильтр [7]

2.3.2. Промежуточные и концевые охладители

Во время работы компрессора воздух сжимается, а также повышается его температура (160-200 °С), следствием чего происходит выделение в большом объеме тепловой энергии. Из-за высоких значений температур сжатого воздуха в нем в парообразном состоянии находятся масло и вода. Если пары попадут в устройства, расположенные за компрессором, и в воздухораспределительную сеть, то нарушат их работу.

Чтобы охладить рабочее тело между ступенями, применяют промежуточные охладители, а чтобы охладить рабочее тело, вышедшее из компрессора до заданной температуры используются концевые охладители. Охлаждение в основном водяное, но встречается и воздушное. Промежуточное охлаждение способствует уменьшению работы сжатия в компрессорном агрегате, а концевое охлаждение необходимо, чтобы сократить конечную температуру сжатого воздуха и улучшить последующее отделение масла и воды. [9]

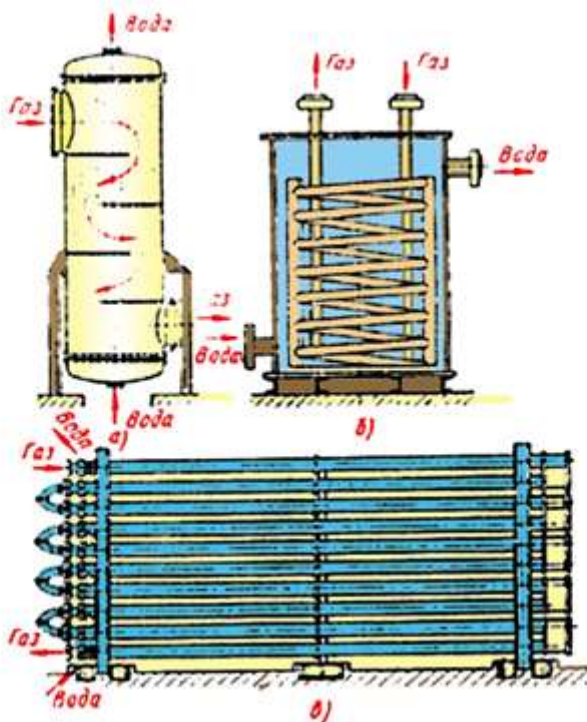


Рисунок 2.13 – Охладители поршневых компрессоров [9]

а - кожухотрубчатый; *б* - змеевиковый погружной; *в* - типа труба в трубе

Кожухотрубные (кожухотрубчатые) теплообменники – наиболее распространенный тип теплообменной аппаратуры. Их принцип работы заключается в следующем: сжатый воздух направляется в межтрубное пространство охладителя, совершает один или несколько ходов, омывая пучок труб, и переходит в следующую ступень компрессора. Холодная вода циркулирует по трубам.

Кожухотрубные охладители обладают своим рядом преимуществ [7]:

- самый широкий диапазон применения по рабочим параметрам;

- самые низкие требования к чистоте воды;
- более высокая стойкость к гидроударам;
- простота конструкции и экономичность.

Однако имеют и недостатки, которыми являются [7]:

- температурные деформации;
- относительно низкий коэффициент теплопередачи

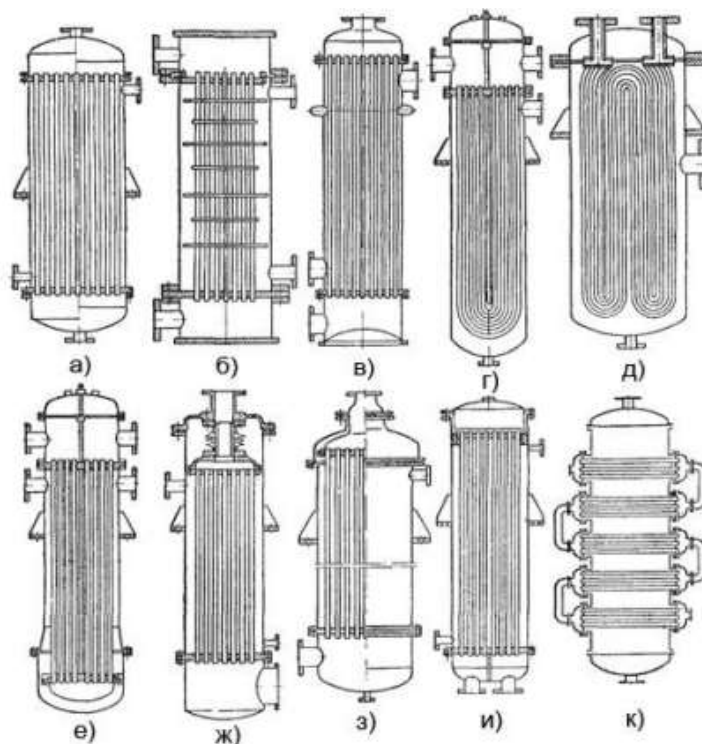


Рисунок 2.14 – Конструктивное исполнение кожухотрубных теплообменников [6]

Для охлаждения масла, используемого в подшипниках, используются маслоохладители. Теплообменные аппараты для охлаждения масла выполняют преимущественно кожухотрубными.

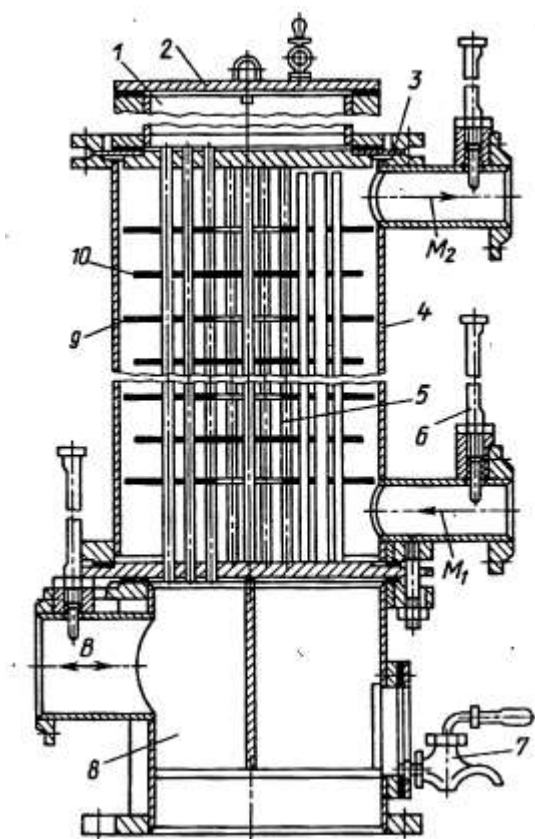


Рисунок 2.15 – Маслоохладитель МБ-63-90 [6]

1 – верхняя водяная камера; 2 – крышка; 3 – мембрана;
4 – кожух; 5 – теплообменные трубы; 6 – гильза для термометра; 7 –
кран; 8 – нижняя водяная камера; 9 – перегородка типа кольца; M_1 – вход
масла; M_2 – выход масла; В – вход и выход воды.

2.3.3. Отделители влаги и масла

Чтобы предотвратить попадание паров масла и воды в воздухохраник и воздухораспределительную сеть, из выходящего из компрессорного агрегата сжатого воздуха должны быть удалены эти пары, содержащиеся в нем. Воздействие масла и воды на пневматические конструкции можно разделить на химическое, электролитическое и физическое. [7]

Следовательно, для удаления из сжатого воздуха масла и воды в компрессорных установках устанавливаются влагомаслоотделители.

На рисунке 2.16 показаны конструкции влагомаслоотделителей.

Во время работы эксплуатации из влагомаслоотделителя удаляют масло и воду через спускной вентиль. Не менее 1-го раза в день необходимо

осуществлять продувку, выпуская воду и масло в специально отведенные баки, которые располагаются внутри КС.

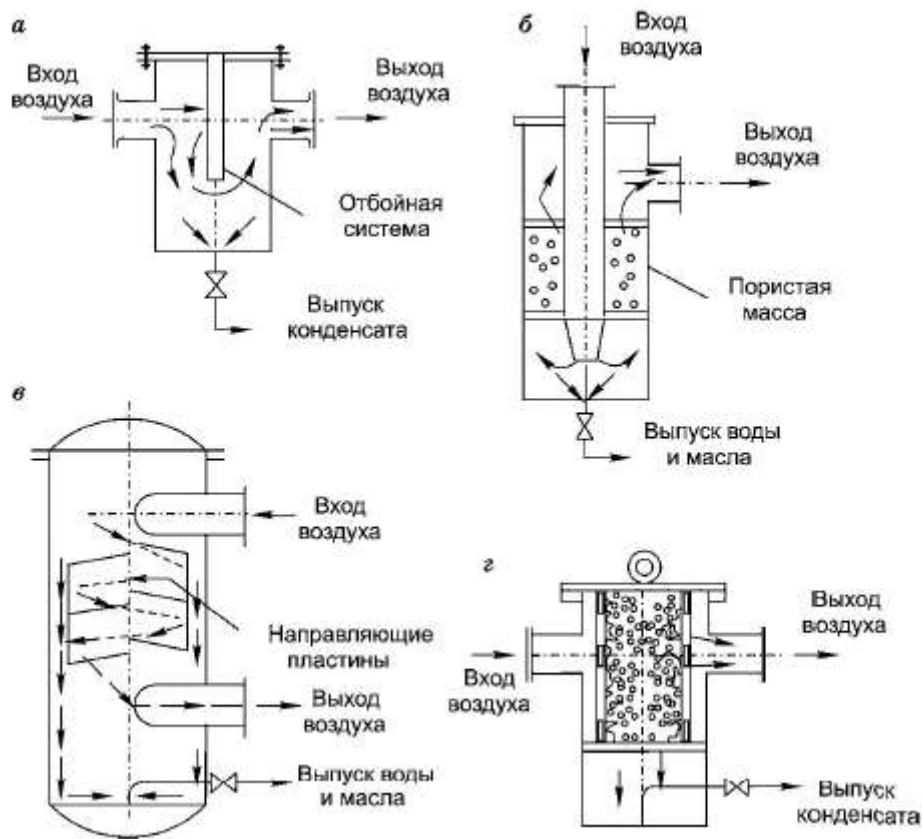


Рисунок 2.16 –Конструкции влагомаслоотделителей [2]

а – с отбойной стенкой; б – с фильтрующей насадкой; в – сепарирующим устройством; г – с адсорбентом

Влагомаслоотделители в основном устанавливают внутри помещения за конечным охладителем. Также их надлежит устанавливать возле воздухосборников, оборудованных клапанами и манометрами. Когда устанавливается обратный клапан за влагомаслоотделителем необходимо предусмотреть установку предохранительного клапана на влагомаслоотделителе.

2.3.4. Установки для осушки воздуха

Масло и вода удаляются из выходящего из компрессора сжатого воздуха в влагомаслоотделителях, конечных воздухоохладителях и ресиверах. Но часто требования к подаваемому воздуху ставят задачу дополнительного

его осушения. Следовательно, в КС для этого применяются оборудование для осушки компримированного воздуха.

Исходя из технико-экономических расчетов осуществляется выбор метода осушки компримированного воздуха.

Результативность разных приемов для осушки зависит от температуры точки росы.

Самым распространенным и самым рациональным способом осушки воздуха является сорбционный способ. Сущность этого способа заключается в том, что применяются вещества, обладающие достаточной способностью впитывать влагу.

В компрессорных установках чаще всего применяют адсорбенты.

Цеолит, силикагель, алюмогель и другие вещества – это твердые адсорбенты. От поверхностной конденсации и капиллярными свойств адсорбента зависит поглощательная способность этих веществ.

Таблица 2.1 – Характеристика адсорбентов [7]

Адсорбент	Температура точки росы, °С	Остаточное влагосодержание, г/кг	Температура применения, °С	Насыпная масса, кг/м³
Силикагель	–52	0,011	5...35	670...720
Алюмогель	–64	0,007	5...25	880...950
Цеолит	–70	0,004	5...20	685...715

Эффективность адсорбции повышается с увеличением относительной влажности воздуха, уменьшением температуры адсорбента, уменьшением размера частиц адсорбента и увеличением относительной влажности воздуха.

На сегодня массово изготавливаются автоматические установки для осушки сжатого воздуха, а именно: УОВ-10, УОВ-20, УОВ-30, УОВ-100. Технические данные их можно рассмотреть в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические данные автоматических установок для осушки сжатого воздуха [7]

Показатель	Типоразмер			
	УОВ-10	УОВ-20	УОВ-30	УОВ-100
Масса адсорбента, кг	350	700	1050	2240
Расход воздуха для регенерации адсорбента, м ³ /с	0,03	0,06	0,09	0,25
Потребляемая мощность, кВт	9...12	22...24	30...34	87...90
Масса установки, кг	1339	1800	2430	8740

2.3.5. Воздухосборники

При транспортировании сжатого воздуха по трубопроводам в сети могут возникать заметные колебания давления и пульсации воздуха вследствие неравномерной подачи воздуха поршневыми компрессорами. Эти колебания снижают производительность компрессоров и увеличивают затраты на электроэнергию, расходуемой на сжатие воздуха, а также негативно влияют на работу пневмоприемников. Поэтому на компрессорных станциях устанавливают воздухосборники, которые помимо своей прямой задачи – сбор воздуха – способствуют, как и буферные емкости, снижению пульсации и выравниванию давления при работе поршневых компрессоров. Также воздухосборники (ресиверы) удаляют из сжатого воздуха масло и влагу, пропущенные в влагомаслоотделителях. Воздухосборники, соединенные с компрессорами, обязаны соответствовать их подаче. [2]

На рисунке 2.18 изображен воздухосборник, который представляет собой герметический резервуар, располагающийся горизонтально или вертикально.

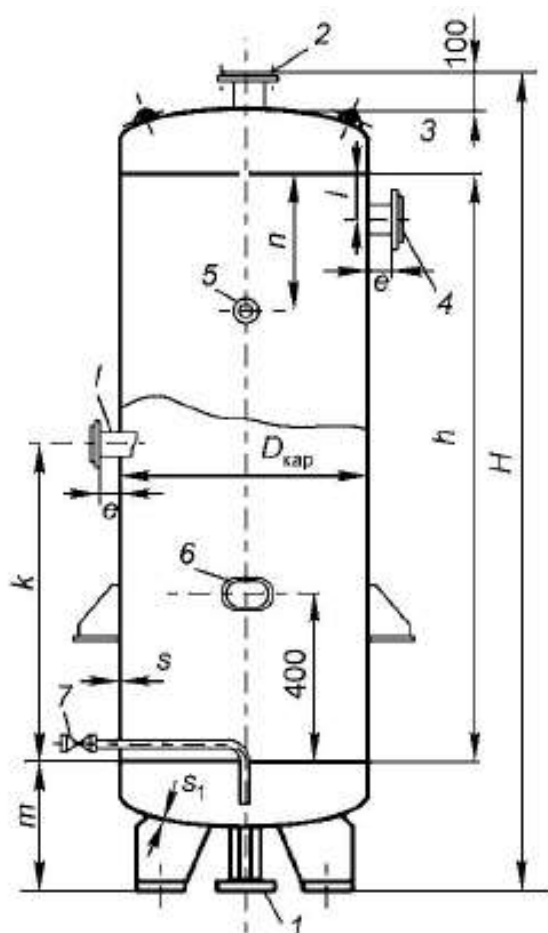


Рис. 29
Воздухосборник:

1 — впускной патрубок; 2 — патрубок для предохранительных клапанов; 3 — скоба для грузоподъемного крюка; 4 — патрубок сжатого воздуха; 5 — патрубок для манометра; 6 — люк; 7 — вентиль продувки сосуда.

Рисунок 2.17 – Воздухосборник (воздухохранительная емкость) [2]

Воздухохранительные емкости для стационарных поршневых компрессорных станций выпускаются в соответствии с ГОСТ 9028-59 и относятся к сосудам, поэтому их надзор и эксплуатация осуществляется с правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. [2]

Воздухосборники запрещается эксплуатировать, если они прошли гидравлические испытания.

Воздухосборники испытываются в следующих случаях: после монтажа при вводе эксплуатацию; после переделок и ремонта; через 6 лет нормальной

работы; при переводе воздухохоборника на более высокое рабочее давление, по отдельным предписаниям технической инспекции.

Размещение емкостей для сжатого газа производится на фундаменте за главной стеной КС. Необходимо располагать ресивер в теневой стороне.

2.3.6. Смазочные системы

В бескрейцкопфных компрессорных машинах смазывание механизма движения и деталей цилиндровой группы происходит посредством разбрызгивания масла при погружении нижней головки шатуна в масляную ванну рамы. В крейцкопфных компрессорах смазывание КШМ – циркуляционное, цилиндров и сальников осуществляется под давлением. [9]

В состав циркуляционной системы входит шестерёнчатый насос, подающий масло через фильтры грубой и тонкой очистки в охладитель и далее к точкам смазывания.

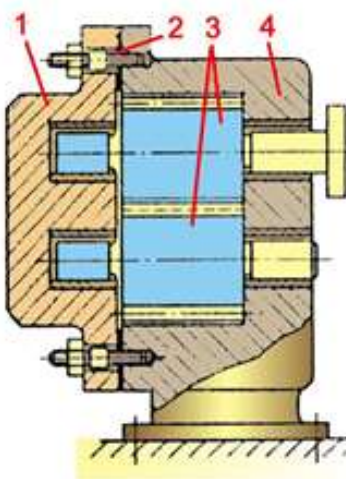


Рисунок 2.18 – Шестерёнчатый смазочный насос [9]

1 – крышка; 2 – прокладка; 3 – шестерни; 4 – корпус

3. Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования ВКС

3.1. Общие положения

При проектировании воздушных компрессорных станций главными задачами являются расчет и выбор:

- компрессоров;
- воздушных фильтров;
- воздухоохладителей;
- влагомаслоотделителей;
- воздухосборников;

Выбор типа, марки, количества и производительности компрессоров производится в зависимости от некоторых факторов, а именно: [7]:

- средней расчетной и максимально длительной нагрузок на КС;
- необходимого для потребителей давления воздуха;
- информации о типах и марках компрессоров, изготавливаемых на компрессорных заводах.

Получаемый пневмоприемниками объем воздуха (также учитываются потери) соответствует производительности компрессоров в промежуток времени - это нагрузка на КС. [7]

$$Q = Q_n + q \cdot \text{м}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

Где Q_n — объем воздуха, результативно применяемого пневмоприемником в единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин}$;

q — потери, возникающие при создании, использовании и перемещении сжатого воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$

Q_k — производительность работающих компрессоров, соответствующая нагрузке на них в единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин}$.

На КС нагрузка разделяется на три группы, а именно: неполная ($Q \leq 0,5Q_k$), средняя ($0,5Q_k < Q \leq 0,75Q_k$) и максимальная ($Q > 0,75Q_k$).

На КС макс. нагрузку делят на максимально длительную ($0,75Q_k < Q_{м.д} < 0,9Q_k$) и максимально возможную ($Q_{м.в} = Q_{уст}$, где $Q_{уст}$ – это суммарная производительность всех размещенных на станции компрессорных машин, в включая резервные)

С помощью средней, максимально длительной и максимально возможной нагрузки на КС можно найти:

- установленную, рабочую и резервную производительность КС;
- затраты электрической энергии;
- расход вспомогательных материалов при производстве сжатого воздуха;
- расход охлаждающей воды;
- компоновку компрессорной станции.
- габаритные размеры основного и вспомогательного оборудования;

Таблица 3.1 – Исходные данные

Средняя расчетная нагрузка на КС $Q_{ср}$, м ³ /мин	
<u>Пневмоинструменты</u>	
Первая смена	80
Вторая смена	50
Третья смена	20
<u>Пнеумооборудование</u>	
Первая смена	140
Вторая смена	120
Третья смена	60
Потеря воздуха у неработающих пневмоприемников q , м ³ /мин	10
Конечное давление воздуха за последней ступенью компрессора, Мпа	0,65

Продолжение таблицы 3.1

Давление воздуха перед последней ступенью компрессора p_k , Мпа	0,4
Температура воздуха перед последней ступенью t_1 , °С	40
Температура воздуха после последней ступени компрессора t_2 , °С	150
Относительная влажность воздуха	0,59

3.2. Расчет производительности КС и выбор типа компрессоров

Установленная производительность КС [7]:

$$Q_{\text{уст}} = \sum_{i=1}^n Q_{ki} = Q_{\text{раб}} + Q_{\text{рез}}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2)$$

Где n – число компрессоров

Q_{ki} – номинальная производительность компрессоров по поступающему воздуху, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$Q_{\text{раб}}$ – рабочая производительность КС, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$Q_{\text{рез}}$ – производительность компрессоров, находящихся в резерве, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Рабочая производительность КС равна максимально длительной нагрузке, тогда:

$$Q_{\text{уст}} = Q_{\text{м.д}} + Q_{\text{рез}}, \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (3)$$

Чтобы рассчитать установленную производительность КС необходимо вычислить следующие параметры [7]:

- максимально длительную нагрузку на КС;
- типы устанавливаемых компрессоров;
- производительность и число компрессоров, находящиеся в составе КС.

Расчетным методом необходимо определять среднюю и максимальную нагрузки на КС. Средняя расчетная нагрузка на компрессорную станцию будет находиться по формуле, м³/мин [7]:

$$Q_{cp} = Q_{cp.ин} + Q_{cp.об} + q' \cdot \text{м}^3/\text{мин}, \quad (4)$$

где $Q_{cp.ин}$, $Q_{cp.об}$ – средний расход сжатого воздуха, потребляемый пневмоинструментами и пневмооборудованием, м³/мин;

q' – потери компримированного воздуха у вышедших из строя пневмоприемников, м³/мин.

1 смена

$$Q_{cp1} = 80 + 140 + 10 = 230 \text{ м}^3/\text{мин}$$

2 смена

$$Q_{cp2} = 50 + 120 + 10 = 180 \text{ м}^3/\text{мин}$$

3 смена

$$Q_{cp3} = 20 + 60 + 10 = 90 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Максимальное потребление воздуха создается во время кратковременного увеличения потребления сжатого воздуха за счет включения или одновременной работы крупных пневмоприемников. то есть максимальную нагрузку на КС, которая находится по уравнению [7]:

$$Q_{max} = k \cdot Q_{cp} \cdot \text{м}^3/\text{мин}, \quad (5)$$

где k_{max} – коэффициент максимума нагрузки, который на основе характера нагрузки принимается равным 1,2 – 1,5.

1 смена

$$Q_{max1} = 1,3 \cdot 230 = 299 \text{ м}^3/\text{мин},$$

2 смена

$$Q_{max2} = 1,3 \cdot 180 = 234 \text{ м}^3/\text{мин},$$

3 смена

$$Q_{max3} = 1,3 \cdot 90 = 117 \text{ м}^3/\text{мин},$$

Максимальная длительная нагрузка на КС вычисляется с помощью формулы [7]:

$$Q_{м.д} = k \cdot Q_{\max} \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (6)$$

где β – коэффициент неодновременности, учитывающий несовпадение во времени слагаемых максимальных нагрузок в зависимости от состава и числа групп пневмоприемников с неодинаковыми режимами работы, β принимается равным 0,85 – 0,95.

1 смена

$$Q_{м.д1} = 0,88 \cdot 299 = 263,12 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ или } 4,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

2 смена

$$Q_{м.д2} = 0,88 \cdot 234 = 205,92 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ или } 3,43 \text{ м}^3/\text{с}$$

3 смена

$$Q_{м.д3} = 0,88 \cdot 117 = 102,96 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ или } 1,72 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определяем тип компрессора по заданным условиям в исходных данных ($p = 0,65 \text{ МПа}$). Выбираем компрессор типа 5ВП-40/3.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика компрессора [2].

Наименование	Величина
Сжимаемый газ	воздух
Производительность, м ³ /мин	40
Рабочее давление, Мпа	0,794
Количество ступеней	1
Температура всасываемого воздуха, °С	-25...+35
Корректированный уровень звуковой мощности, дБа	103
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ4
Питание	380 В, 50 Гц
Электродвигатель	БСДКМ 15-21-12У3

Продолжение таблицы 3.2

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	200
Потребляемая мощность компрессором, кВт	152
Число оборотов вала, об/с	8,35
Тип охлаждения	водяное
Расход охлаждающей воды, кг/с	2,784
Максимально допустимая температура охлаждающей воды, °С	25
Температура охлаждающей воды на выходе, °С	40
Максимальная температура сжатого воздуха, °С	180
Объем масла заливаемого в картер, л	136
Марка масел, заливаемых в картер	МС-20, КЗ-30, И-50А
Давление масла в системе смазки механизма движения, кгс/см ²	2



Рисунок 3.1 – Компрессор 5ВП-40/3 [2]

Принимаем, что единичная производительность размещенных на станции компрессоров единая, число рабочих машин находится по уравнению [7]:

$$n = \frac{Q_{\text{м.д}}}{Q_{\text{к}}} . \quad (7)$$

1 смена

$$n_1 = \frac{Q_{\text{м.д1}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{263,12}{40} = 6,578$$

2 смена

$$n_2 = \frac{Q_{\text{м.д2}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{205,92}{40} = 5,148$$

3 смена

$$n_3 = \frac{Q_{\text{м.д3}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{102,96}{40} = 2,574$$

Принимаем, что $n_1 = 7$, $n_2 = 5$ и дополнительно устанавливаем компрессор меньшей производительности (5ВП30/8 с производительностью $Q=30 \text{ м}^3/\text{мин}$), $n_3 = 3$

Установленная производительность компрессорной станции будет равна

$$Q_{уст} = Q_k \cdot n \quad (8)$$

1 смена

$$Q_{уст1} = \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = 40 \cdot 7 = 280 \text{ м}^3/\text{мин}$$

2 смена

$$Q_{уст2} = \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = 40 \cdot 5 + 30 = 230 \text{ м}^3/\text{мин}$$

3 смена

$$Q_{уст3} = \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = 40 \cdot 3 = 120 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Производительность резервного компрессора рассчитывают тогда, когда выбраны типы и производительность рабочих компрессоров.

$$Q_{уст} = Q_{раб} + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин} \quad (9)$$

Рабочую производительность КС равна максимально длительной нагрузке, тогда:

1 смена

$$Q_{уст} = Q_{м.д} + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$280 = 263,12 + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$Q_{рез} = 16,88 \text{ м}^3/\text{мин}$$

2 смена

$$Q_{уст} = Q_{м.д} + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$230 = 205,92 + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$Q_{рез} = 24,08 \text{ м}^3/\text{мин}$$

3 смена

$$Q_{уст} = Q_{м.д} + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$120 = 102,96 + Q_{рез}, \text{ м}^3/\text{мин}$$

$$Q_{\text{рез}} = 17,04 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Необходимо учитывать изменение, перспективы увеличения нагрузок, характер предприятия, нагрузки по сменам во время нахождения установленной производительности компрессорных агрегатов.

Рассчитывается коэффициент использования установленной мощности для КС рассчитывается по формуле [7]:

$$p = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{уст}} - Q_{\text{рез}}} = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{раб}}} \quad (10)$$

где $Q_{\text{факт}}$ – количество воздуха, которое выработала КС, равное средней нагрузке станции, $\text{м}^3/\text{мин}$.

1 смена

$$p_1 = \frac{230}{280 - 16,88} = 0,87$$

2 смена

$$p_2 = \frac{180}{230 - 24,08} = 0,87$$

3 смена

$$p_3 = \frac{90}{120 - 102,96} = 0,87$$

Необходимо подбирать так установленную производительность КС, чтобы работающие компрессорные агрегаты покрывали максимально длительную нагрузку не меньше чем на 76 – 90 %:

$$\eta = \frac{Q_{\text{уст}} - Q_{\text{к}}}{Q_{\text{мд}}} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

где η – степень покрытия максимальной нагрузки на КС при нарушении работы компрессора, обладающего наибольшей производительностью, %;

$Q_{\text{к}}$ – производительность компрессора, которому необходим ремонт или который находится в резерве, $\text{м}^3/\text{мин}$.

1 смена

$$\eta_1 = \frac{280 - 40}{263,12} \cdot 100 \% = 91,2\%$$

2 смена

$$\eta_2 = \frac{280 - 40}{205,92} \cdot 100 \% = 92,3\%$$

3 смена

$$\eta_3 = \frac{2800 - 40}{102,96} \cdot 100 \% = 77,7\%$$

3.3. Расчет и выбор воздушных фильтров

Масляные металлические фильтры используются на КС с поршневыми компрессорами. Фарфоровые или металлические кольца (так называемые кольца Рашига), пропитанные маслом, укладывают в металлический корпус или в особые рамки вставляют несколько рядов сетки. Число ячеек подбирается в зависимости от производительности компрессора или от площади поверхности фильтра.

Рассчитывается требуемая площадь поверхности фильтра по формуле [2]:

$$F_{\phi} = \frac{V}{K_{\phi}}, \text{ м}^2, \quad (12)$$

где V – объем воздуха, проходящий сквозь фильтр, который равен производительности компрессора;

K_{ϕ} – удельная нагрузка фильтра на 1 м² площади лобовой поверхности, (м³/с)/м², или скорость воздуха, проходящего через фильтр, м/с.

В практических расчетах, как правило, K_{ϕ} берут равной 1,1 – 0,27 (м³/с)/м².

$$F_{\phi} = \frac{40}{0,65 * 60} = 1,026 \text{ м}^2$$

Таким образом, зная необходимую площадь поверхности фильтра, определяют нужное количество ячеек и способ расположения их в панели.

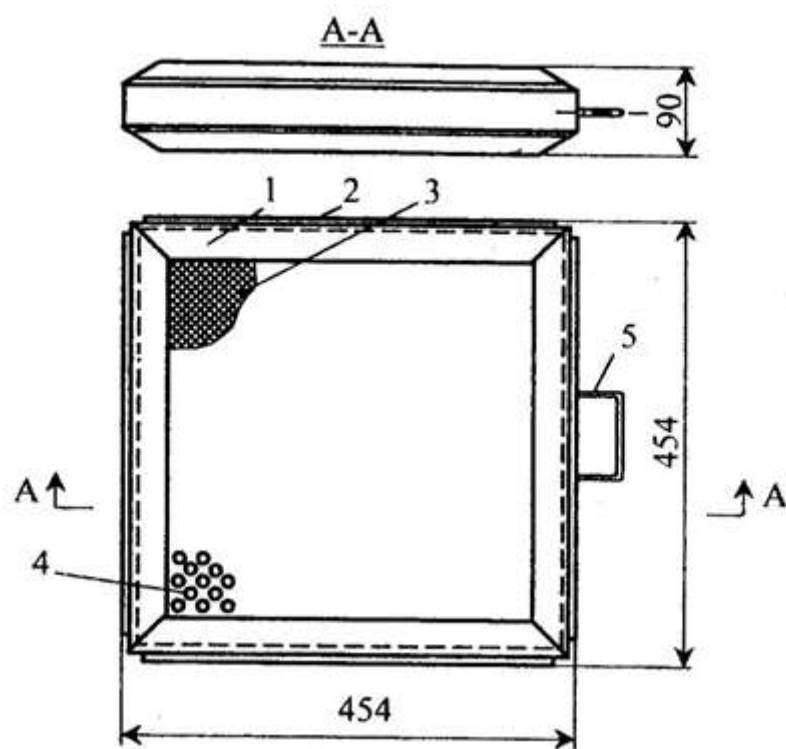


Рисунок 3.2 – Ячейка масляного металлического фильтра [2]

Таблица 3.3 – Характеристика воздушного фильтра [2].

Производительность компрессора, м³/с	Требуемая поверхность фильтра, м³	Необходимое количество ячеек размером 400 × 400 мм			Действительная нагрузка на фильтр, (м³/с)/м²	Максимально допустимая пропускная способность фильтра, м³/с
		всего	в том числе			
			по вертикали	по горизонтали		
0,666	1,092	8	4	2	0,510	0,833

3.4. Расчет и выбор воздухоохладителя

Промежуточные воздухоохладители необходимы для охлаждения воздуха меж ступенями компрессорного агрегата. Концевые воздухоохладители охлаждают воздух на выходе из компрессоров. Так как ступень сжатия у компрессора одна, то использоваться будет только концевой воздухоохладитель.

При охлаждении влажного воздуха количество образуемого тепла, вычисляется с помощью формулы [7]:

$$Q_{\text{охл}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{д}}, \text{ кВт}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{в}}$ – тепловой поток при охлаждении сухого воздуха, кВт;

$Q_{\text{д}}$ – дополнительный тепловой поток при охлаждении и частичной конденсации водяного пара, кВт.

Исходные данные для данного вычисления:

- температура входящей воды $t_{\text{в}}' = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- конечная температура циркуляционной воды $t_{\text{в}}'' = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура воздуха начальная $t_{\text{воз}}' = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура воздуха конечная $t_{\text{воз}}'' = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расход воздуха через холодильник $V = 0,667 \text{ м}^3/\text{с}$;
- влажность воздуха относительная $\phi = 59 \%$

Рассчитывается количество тепла, отдаваемого сухим воздухом, по уравнению:

$$Q_{\text{в}} = V \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c_{\text{p}} \cdot (t_{\text{воз}}' - t_{\text{воз}}'') \quad (14)$$

где V – производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$c_{\text{p в}}$ – теплоемкость воздуха, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

Определим среднюю температуру воздуха в межтрубном пространстве

$$t_{\text{ср1}} = \frac{t_{\text{воз}}' + t_{\text{воз}}''}{2} \quad (15)$$

$$t_{\text{ср1}} = \frac{150 + 40}{2} = 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

При данной температуре теплофизические параметры воздуха [5]:

- теплоемкость воздуха $c_{\text{p1}} = 1,009 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;
- плотность воздуха $\rho_{\text{воз}} = 0,959 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- теплопроводность воздуха $\lambda_{\text{воз}} = 0,0317 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$;
- динамическая вязкость воздуха $\mu_{\text{воз}} = 21,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$
- кинематическая вязкость воздуха $\nu_{\text{воз}} = 22,62 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля $\text{Pr}_1 = 0,689$

$$Q_{\text{в}} = 0,667 \cdot 0,959 \cdot 1,009 \cdot (150 - 40) = 70,96 \text{ кВт}$$

Вычисляется дополнительный тепловой поток при охлаждении и частичной конденсации водяного пара по уравнению [5]:

$$Q_B = V \cdot \rho_B \cdot (c_{pm} \cdot (x_1 \cdot t'_{\text{воз}} - x_2 \cdot t''_{\text{воз}}) + (r_0 + k \cdot t''_{\text{воз}}) \cdot (x_1 - x_2)) \quad (16)$$

где c_{pm} – средняя теплоемкость водяного пара при постоянном давлении, Дж/(кг·°C);

r_0 – теплота парообразования, Дж/кг;

k – коэффициент, учитывающий снижение теплоты парообразования с повышением температуры конденсации;

x_1, x_2 – влагосодержание воздуха до и после воздухоохладителя, кг/кг.

Принимаем $c_{pm} = 1800$ Дж/(кг · °C); $r_0 = 2,5 \cdot 10^6$ Дж/кг; $k = 2346$

Влагосодержание воздуха до и после охладителя вычисляется по формулам [5]:

$$x_1 = \frac{R_B}{R_{\Pi}} \cdot \frac{p_{\text{нас1}} \cdot \varphi_1}{p_0 - p_{\text{нас1}} \cdot \varphi_1} \quad (17)$$

$$x_2 = \frac{R_B}{R_{\Pi}} \cdot \frac{p_{\text{нас2}} \cdot \varphi_2}{p_0 - p_{\text{нас2}} \cdot \varphi_2} \quad (18)$$

R_B – газовая постоянная воздуха, Дж/(кг · °C); $R_B = 289$ Дж/(кг·°C)

R_{Π} – газовая постоянная водяных паров, Дж/(кг · °C); $R_B = 462$ Дж/(кг·°C)

p_0 – давление воздуха во всасывающей патрубке ступени перед охладителем, мПа;

$p_{\text{нас1}}$ – давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха во всасывающей патрубке ступени перед охладителем, кПа;

При температуре $t_{\text{воз}}' = 150$ °C давление насыщенного водяного пара $p_{\text{нас1}} = 475,72$ кПа;

$p_{\text{нас2}}$ – давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха на выходе из охладителя, кПа;

При температуре $t_{\text{воз}}' = 150$ °C давление насыщенного водяного пара $p_{\text{нас2}} = 7,381$ кПа;

φ_1 – относительная влажность воздуха на входе в ступень компрессора перед охладителем;

φ_2 – относительная влажность воздуха на выходе из охладителя (в случае конденсации водяного пара в охладителе $\varphi_2 = 1$, при отсутствии конденсации $x_1 = x_2$).

$$x_1 = \frac{289}{462} \cdot \frac{47572 \cdot 0,59}{0,65 \cdot 10^6 - 475720 \cdot 0,59} = 0,028$$

$$x_2 = \frac{289}{462} \cdot \frac{7381 \cdot 1}{0,65 \cdot 10^6 - 7381 \cdot 1} = 0,007$$

$$Q_d = 0,667 \cdot 0,959 \cdot (1800 \cdot 0,028 + (2,5 \cdot 10^6 + 2346 \cdot 40) \cdot (0,475 - 0,007)) \\ = 36,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{охл}} = 70,96 + 36,9 = 107,86 \text{ кВт}$$

Найдем расход охлаждающей воды

$$G_B = \frac{Q_{\text{охл}}}{c_{p2} \cdot (t_B'' - t_B')} \quad (19)$$

Найдем среднюю температуру воды

$$t_{\text{cp}2} = \frac{t_B' + t_B''}{2} \quad (20)$$

$$t_{\text{cp}2} = \frac{40 + 25}{2} = 33$$

При температуре $t_{\text{cp}2} = 33 \text{ }^\circ\text{C}$ теплофизические свойства воды [5]:

- теплоемкость воды $c_{p2} = 4,174 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$;
- плотность воды $\rho_B = 995 \text{ кг/м}^3$;
- теплопроводность воды $\lambda_B = 0,618 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$;
- динамическая вязкость воды $\mu_B = 801,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$
- кинематическая вязкость воды $\nu_B = 0,805 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля $Pr_2 = 5,42$.

$$G_B = \frac{107 \cdot 10^3}{4,174 \cdot 10^3 \cdot (40 - 25)} = 1,7 \text{ кг/с}$$

По уравнению можно определить площадь поверхности теплообменника воздухоохладителя:

$$F = \frac{Q_{\text{охл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{ср}}}, \text{ м}^2 \quad (21)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°C);

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор при противотоке, °C

Примем внутренний диаметр трубок $d_{\text{вн}} = 32$ мм, а толщину стенки трубок $\delta_{\text{ст}} = 3$, скорость холодной воды $w_{\text{в}} = 0,6$ м/с.

По формуле будет рассчитываться коэффициент теплопередачи для водоохлаждающих конструкций [7]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + R_3}, \quad (22)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от воздуха к охлаждающей поверхности в межтрубном пространстве, Вт/(м²·°C);

α_2 – коэффициент теплоотдачи от охлаждающего теплоносителя к поверхности теплообмена, Вт/(м²·°C);

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки труб теплообменника, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала труб, Вт/(м · °C);

R_3 – термическое сопротивление загрязнений, (м² · °C)/Вт.

1) Нахождение коэффициента теплопередачи от воздуха к охлаждающей поверхности

Число труб в одном ходу

$$n = \frac{1,27 \cdot G_{\text{в}}}{d_{\text{в}}^2 \cdot \rho_{\text{в}}} \cdot \frac{1}{w} \quad (23)$$

где m – расход жидкости, кг/с;

$d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр трубы, м;

ρ – плотность воды, кг/м³;

w – скорость воды, м/с.

$$n = \frac{1,27 \cdot 2,784}{0,032^2 \cdot 995} \cdot \frac{1}{0,7} = 4$$

Общее число труб в пучке

$$n = n_1 \cdot z_{\text{тр}} \quad (24)$$

Где $z_{\text{тр}}$ количество ходов в теплообменнике, выбираем. $z_{\text{тр}} = 6$

$$n = 4 \cdot 6 = 24$$

Располагая трубы по периметрам шестиугольников, выбираю из [4] ближайшее значение n и, уточняя n_1 из уравнения (26), пересчитываю скорость движения жидкости по уравнению (24).

По таблице [4] ближайшее $n = 37$.

Пересчитываю n_1

$$n_1 = \frac{19}{6} = 3$$

Пересчитываю скорость воды

$$\omega = \frac{1,27 \cdot 1,7}{(0,032)^2 \cdot 995} \cdot \frac{1}{3} = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определим расстояние между осями трубок

$$S = 1,385 \cdot d_{\text{н}} \quad (25)$$

$d_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубок.

$$S = 1,385 \cdot 0,038 = 0,053 \text{ м}$$

Примем коэффициент заполнения трубной решетки $\eta=0,95$

Определим внутренний диаметр кожуха

$$D_{\text{вн}} = t \cdot (n' - 1) + 4 \cdot d_{\text{н}} \quad (26)$$

Где n' – число труб по диагоналям 6-угольника [4]

$t - (1,3 \div 1,4) \cdot d_{\text{н}}$ - шаг труб, м

$$D_{\text{вн}} = 1,3 \cdot 0,038 \cdot (7 - 1) + 4 \cdot 0,038 = 0,35 \text{ м}$$

Определим площадь межтрубного пространства кожуха

$$f_{\text{МТ}} = 0,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4} \cdot n \right) \quad (27)$$

$$f_{\text{МТ}} = 0,5 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,4164^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,038^2}{4} \cdot 19 \right) = 0,037 \text{ м}^2$$

Определим скорость масла в межтрубном пространстве

$$w_{\text{в03}} = \frac{G_1}{\rho_{\text{в03}} \cdot f_{\text{МТ}}} = \frac{V}{f_{\text{МТ}}} \quad (28)$$

$$w_{\text{в03}} = \frac{0,667}{0,037} = 18 \text{ м/с}$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи от воздуха в межтрубном пространстве к трубкам.

Рассчитаем эквивалентный диаметр для межтрубного пространства

$$d_э = \frac{D_{BH}^2 - d_H^2 \cdot n}{D_{BH} + d_H \cdot n} \quad (29)$$

$$d_э = \frac{0,35^2 - 0,038^2 \cdot 19}{0,35 + 0,038 \cdot 19} = 0,089 \text{ м}$$

Число Рейнольдса находится

$$Re_1 = \frac{w_{B03} \cdot d_э}{\nu_{B03}} \quad (30)$$

$$Re_1 = \frac{18 \cdot 0,089}{22,62 \cdot 10^{-6}} = 70822$$

Находим температуру стенки

$$t_c = \frac{t_{cp1} + t_{cp2}}{2} \quad (31)$$

Где t_{cp1} – средняя температура воздуха;

t_{cp2} – средняя температура воды;

$$t_c = \frac{95 + 33}{2} = 64 \text{ °C}$$

Теплофизические параметры воздуха при этой температуре [5]:

динамическая вязкость воздуха $\mu_c = 20,3 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

- число Прандтля $Pr_c = 0,695$.

Рассчитаем число Нуссельта

$$Nu_1 = 0,023 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_c}\right)^{0,25} \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{d_э}{d_H}\right)^{0,1} \quad (32)$$

$$Nu_1 = 0,023 \cdot 70822^{0,8} \cdot 0,695^{0,43} \cdot \left(\frac{22,6 \cdot 10^{-4}}{20,3 \cdot 10^{-4}}\right)^{0,25} \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{0,067}{0,038}\right)^{0,1} = 183,62$$

Рассчитываем коэффициент теплоотдачи от воздуха к трубкам

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_M}{d_э} \quad (33)$$

$$\alpha_1 = \frac{183,62 \cdot 0,0317}{0,089} = 65 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

2) Рассчитаем коэффициента теплоотдачи от трубок к воде.

Рассчитаем число Рейнольдса

$$Re_2 = \frac{w_B \cdot d_{BH}}{v_B} \quad (34)$$

$$Re_2 = \frac{0,7 \cdot 0,032}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 31801$$

Рассчитаем число Нуссельта

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_c}\right)^{0,25} \quad (35)$$

Теплофизические параметры воды при t_c :

- число Прандтля $Pr_c = 2,78$

$$Nu_2 = 0,021 \cdot 23850^{0,8} \cdot 5,42^{0,43} \cdot \left(\frac{5,42}{2,78}\right)^{0,25} = 205$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи от трубок к холодной воде

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_B}{d_{BH}} \quad (36)$$

$$\alpha_2 = \frac{205 \cdot 0,618}{0,032} = 3959,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи.

Материалом трубок возьмем медь (Cu) с коэффициентом теплопроводности $\lambda_c = 384 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Коэффициент загрязнения оборотной технической воды $R_{загр} = 0,00023 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи через стенку

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} + R_{загр}} \quad (37)$$

Где $\delta_{ст}$ – толщина стенки трубы;

λ_c – коэффициент теплопроводности стали.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{65} + \frac{0,003}{384} + \frac{1}{3959,06} + 0,00023} = 63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

3) Определение среднего температурного напора

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_{B03}' - t_B'') - (t_{B03}'' - t_B')}{\ln \frac{(t_{B03}' - t_B'')}{(t_{B03}'' - t_B')}} \quad (38)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(150 - 40) - (40 - 25)}{\ln \frac{(150 - 40)}{(40 - 25)}} = 48 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4) И, наконец, определяем площадь поверхности теплообменника

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \quad (39)$$

$$F = \frac{107000}{63 \cdot 48} = 35 \text{ м}^2$$

Выбираем кожухотрубчатый воздухоохладитель с площадью поверхности теплообменника равной 35 м²

3.5. Расчет и выбор маслоохладителя

В поршневых двигателях в внутренней части поршней, зоне поршневых колец, клапанов и других деталей масла работают в тяжелых условиях из-за создания высоких температур. Такие масла должны не быть агрессивными по отношению металлам, сплавам и другим конструкционным материалам, не должны обладать высокой смазочной способностью и иметь достаточной стабильностью к окислению при больших температурах и в условиях хранения. Примем марку масла – МС-20. Маслоохладитель служит для поддержания заданной температуры масла МС-20 в напорном трубопроводе.

Исходные данные:

- температура входящей воды $t_B' = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура выходящей воды $t_B'' = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура горячего масла $t_M' = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура охлажденного масла $t_M'' = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расход масла $G_M = 6,9 \text{ кг/с}$.
- скорость воды $\omega = 0,7 \text{ м/с}$;
- внутренний диаметр трубы $d_B = 32 \text{ мм}$; [4].
- толщину стенки трубы $\delta_{ст} = 3 \text{ мм}$. [4].
- наружный диаметр $d_H = 38 \text{ мм}$. [4].

Уравнение теплового баланса [7]

$$Q = G_m \cdot c_{p1} \cdot (t_m' - t_m'') \cdot \eta = G_b \cdot c_{p2} \cdot (t_b' - t_b'') \cdot \eta \quad (40)$$

где Q -тепловой поток через поверхность теплообмена, Вт;

η - коэффициент тепловой эффективности теплообменника, η ;

G_m – расход масла;

G_b – расходы воды в трубной системе;

c_{p1} - теплоёмкость масла;

c_{p2} – теплоемкость воды;

t_b' - температура входящей воды;

t_b'' - температура выходящей воды;

t_m' - температура горячего масла;

t_m'' - температура охлажденного масла.

1) Определение коэффициента теплопередачи от масла к охлаждающей поверхности

Число труб в одном ходу

$$n = \frac{1,27 \cdot G_b}{d_b^2 \cdot \rho_b} \cdot \frac{1}{\omega} \quad (41)$$

где m - расход жидкости, кг/с;

d_b - внутренний диаметр трубы, м;

ρ - плотность жидкости, кг/м³;

w - скорость жидкости, м/с.

Средняя температура воды

$$t_{cp1} = \frac{t_b' + t_b''}{2} \quad (42)$$

Где t_b' и t_b'' - температуры воды соответственно на входе и на выходе.

$$t_{cp1} = \frac{25 + 40}{2} = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

При температуре $t_{cp2} = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$ теплофизические свойства воды [5]:

- теплоемкость воды $c_{p2} = 4,174 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$;

- плотность воды $\rho_b = 995 \text{ кг/м}^3$;

- теплопроводность воды $\lambda_B = 0,618 \text{ Вт/(м·К)}$;
- динамическая вязкость воды $\mu_B = 801,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па·с}$
- кинематическая вязкость воды $\nu_B = 0,805 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля $Pr_2 = 5,42$.

Теплота охлаждения масла, Q кВт [7]

$$Q = G_M \cdot c_{p1} \cdot (t_M' - t_M'') \cdot \eta \quad (43)$$

Средняя температура масла

$$t_{cp2} = \frac{t_M' + t_M''}{2} \quad (44)$$

Где t_M' и t_M'' - температуры горячего и охлажденного масла.

$$t_{cp1} = \frac{90 + 50}{2} = 70 \text{ °C}$$

Теплофизические параметры масла при температуре $t_{cp1} = 70 \text{ °C}$ [5]:

- теплоемкость масла $c_{p2} = 2,198 \text{ кДж/(кг·К)}$;
- плотность масла $\rho_M = 864 \text{ кг/м}^3$;
- теплопроводность масла $\lambda_M = 0,128 \text{ Вт/(м·К)}$;
- динамическая вязкость масла $\mu_M = 498,3 \cdot 10^{-4} \text{ Па·с}$
- кинематическая вязкость масла $\nu_M = 58,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля $Pr_1 = 865$

$$Q = 6,9 \cdot 2,198 \cdot (90 - 50) \cdot 0,95 = 576,65 \text{ кВт}$$

Расход циркуляционной воды

$$G_B = \frac{Q}{c_{p2} \cdot (t_B' - t_B'') \cdot \eta} \quad (45)$$

$$G_B = \frac{576,65 \cdot 10^3}{4174 \cdot (40 - 25) \cdot 0,95} = 9,7 \text{ кг/с}$$

$$n_1 = \frac{1,27 \cdot 9,7}{(0,032)^2 \cdot 995} \cdot \frac{1}{0,7} = 17$$

Общее число труб в пучке

$$n = n_1 \cdot z_{тр} \quad (46)$$

Где $z_{тр}$ количество ходов в теплообменнике, выбираем. $z_{тр} = 6$

$$n = 17 \cdot 6 = 102$$

Располагая трубы по периметрам шестиугольников, выбираю из [4] ближайшее значение n и, уточняя n_1 из уравнения (26), пересчитываю скорость движения жидкости по уравнению (41). Скорость жидкости должна быть в пределах $0,6 \dots 1$ м/с.

По таблице [4] ближайшее $n = 91$.

Пересчитываем n_1

$$n_1 = \frac{91}{6} = 15$$

Пересчитываем скорость воды

$$\omega = \frac{1,27 \cdot 9,6}{(0,032)^2 \cdot 995} \cdot \frac{1}{15} = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определим расстояние между осями трубок

$$S = 1,385 \cdot d_n \quad (47)$$

d_n – наружный диаметр трубок.

$$S = 1,385 \cdot 0,038 = 0,053 \text{ м}$$

Примем коэффициент заполнения трубной решетки $\eta = 0,95$

Определим внутренний диаметр кожуха

$$D_{BH} = t \cdot (n' - 1) + 4 \cdot d_n \quad (48)$$

Где n' – число труб по диагоналям 6-угольника [4]

$t = (1,3 \div 1,4) \cdot d_n$ - шаг труб, м

$$D_{BH} = 1,3 \cdot 0,038 \cdot (11 - 1) + 4 \cdot 0,038 = 0,646 \text{ м}$$

Определим площадь межтрубного пространства кожуха

$$f_{MT} = 0,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_{BH}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot n \right) \quad (49)$$

$$f_{MT} = 0,5 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,646^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,038^2}{4} \cdot 91 \right) = 0,112 \text{ м}^2$$

Определим скорость масла в межтрубном пространстве

$$w_M = \frac{G_1}{\rho_B \cdot f_{MT}} \quad (50)$$

$$w_M = \frac{6,9}{864 \cdot 0,112} = 0,07 \text{ м/с}$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи от масла в межтрубном пространстве к трубкам.

Найдем эквивалентный диаметр для межтрубного пространства

$$d_{\text{э}} = \frac{D_{\text{вн}}^2 - d_{\text{н}}^2 \cdot n}{D_{\text{вн}} + d_{\text{н}} \cdot n} \quad (51)$$

$$d_{\text{э}} = \frac{0,646^2 - 0,038^2 \cdot 91}{0,646 + 0,038 \cdot 91} = 0,07 \text{ м}$$

Рассчитаем число Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{w_{\text{м}} \cdot d_{\text{э}}}{\nu_{\text{м}}} \quad (52)$$

$$Re_1 = \frac{0,07 \cdot 0,07}{58,4 \cdot 10^{-6}} = 84$$

Определим температуру стенки

$$t_{\text{с}} = \frac{t_{\text{ср1}} + t_{\text{ср2}}}{2} \quad (53)$$

Где $t_{\text{ср1}}$ – средняя температура воды;

$t_{\text{ср2}}$ – средняя температура масла;

$$t_{\text{с}} = \frac{70 + 33}{2} = 51,5 \text{ °C}$$

Теплофизические параметры масла при этой температуре:

динамическая вязкость масла $\mu_{\text{с}} = 1253,68 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

- число Прандтля $Pr_{\text{с}} = 2180$.

Рассчитаем число Нуссельта

$$Nu_1 = 0,023 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{с}}}\right)^{0,25} \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{d_{\text{э}}}{d_{\text{н}}}\right)^{0,1} \quad (54)$$

$$Nu_1 = 0,023 \cdot 84^{0,8} \cdot 2180^{0,43} \cdot \left(\frac{498,3 \cdot 10^{-4}}{1253,67 \cdot 10^{-4}}\right)^{0,25} \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{0,07}{0,038}\right)^{0,1} = 20$$

Рассчитываем коэффициент теплоотдачи от масла к трубкам

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_{\text{м}}}{d_{\text{э}}} \quad (55)$$

$$\alpha_1 = \frac{20 \cdot 0,128}{0,07} = 36 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

5) Рассчитаем коэффициента теплоотдачи от трубок к воде.

Число Рейнольдса находится

$$Re_2 = \frac{w_B \cdot d_{BH}}{v_B} \quad (56)$$

$$Re_2 = \frac{0,8 \cdot 0,032}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 31801$$

Рассчитаем число Нуссельта

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_c}\right)^{0,25} \quad (57)$$

Теплофизические параметры воды при t_c :

- число Прандтля $Pr_c = 3,54$.

$$Nu_2 = 0,021 \cdot 31801^{0,8} \cdot 5,42^{0,43} \cdot \left(\frac{5,42}{3,54}\right)^{0,25} = 193$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи от трубок к холодной воде

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_B}{d_{BH}} \quad (58)$$

$$\alpha_2 = \frac{193 \cdot 0,618}{0,032} = 3727,31 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи.

В качестве материала трубок выберем латунь с коэффициентом теплопроводности равным $\lambda_c = 85,5 \text{ Вт/(м·К)}$

Коэффициент загрязнения оборотной технической воды $R_{загр} = 0,00023 \text{ (м}^2\text{·К)/Вт}$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи через стенку

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} + R_{загр}} \quad (59)$$

Где $\delta_{ст}$ – толщина стенки трубы;

λ_c – коэффициент теплопроводности стали.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{36} + \frac{0,003}{85,5} + \frac{1}{3727,31} + 0,00023} = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

б) Определение среднего температурного напора

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_M' - t_B'') - (t_M'' - t_B')}{\ln \frac{(t_M' - t_B'')}{(t_M'' - t_B')}} \quad (60)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(90-40)-(50-25)}{\ln \frac{(90-40)}{(50-25)}} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7) Рассчитаем площадь поверхности теплообменника

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \quad (61)$$

$$F = \frac{576650}{35 \cdot 36} = 450 \text{ м}^2$$

Выбираем кожухотрубчатый маслоохладитель с площадью поверхности теплообменника равной 450 м²

3.6. Расчет влагомаслоотделителя

На КС прямоком после концевых холодильников размещают влагомаслоотделители. Найти объем влагомаслоотделителя можно с помощью формулы [7]:

$$V_{bc} = \alpha \cdot \sqrt{V_0}, \text{ м}^3 \quad (62)$$

где V_0 – объем воздуха, просачивающийся сквозь влагомаслоотделитель, м³/с;

α – коэффициент, равный 0,15–0,2 при конечном давлении воздуха менее 12,0 мпа.

$$V_{bm} = 0,15 \cdot \sqrt{0,667} = 0,122 \text{ м}^3$$

Размеры влагомаслоотделителя

Таблица 3.4 – Размеры влагомаслоотделителя [7]

$d, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$H, \text{мм}$	$l, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	$n, \text{мм}$	$t, \text{мм}$	$a, \text{мм}$	$u, \text{мм}$
159 × 4,5	108 × 4,0	558	1560	611	197	280	249	90	363

3.7. Расчет воздухоборника

Найти объем воздухоборника можно с помощью уравнения [7]:

$$V_{bc} = 1,6 \cdot \sqrt{V_{max}}, \text{ м}^3 \quad (63)$$

где V_{max} – максимальная подача воздуха в воздухоборник, м³/с.

$$V_{\text{вс}} = 1,6 \cdot \sqrt{0,667 * 7} = 7,4 \text{ м}^3$$

Так как воздухохборники работают под высоким давлением, то механический расчет необходимо осуществлять в соответствии с правилами. [14]

Таблица 3.5 – Размеры воздухохборник [7]

$V, \text{ м}^3$	$D, \text{ мм}$	$\underline{H}, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$s, \text{ мм}$	$s_l, \text{ мм}$	$k, \text{ мм}$	$l, \text{ мм}$	$e, \text{ мм}$	$n, \text{ мм}$	$t, \text{ мм}$
8	1600	4604	3480	8	12	1750	250	150	1650	612

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проводимого исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- коэффициент доплат – 15%; - накладные расходы – 16%; - районный коэффициент – 1,3.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Проведение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета проводимых исследований	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение бюджета проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проведения работ по теме
4. Бюджет проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования


Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.


Продукт: поршневой компрессор в составе воздушной компрессорной станции (ВКС) для снабжения предприятия сжатым воздухом.


Целевой рынок: предприятия нефтеперерабатывающей отрасли промышленности.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Вид исследования: Воздушная компрессорная станция (ВКС)		
		Расчет и модернизация ВКС	Модель и анализ работы ВКС	Проектирование и конструирование
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

 Фирма А

 Фирма Б

 Фирма В

4.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, проводится систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект	Кон-т1	Кон-т2	Проект	Кон-т1	Кон-т2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,06	5	5	3	0,30	0,24	0,18
2. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	4	3	0,30	0,24	0,18
3. Ремонтнопригодность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Энергоэкономичность	0,13	5	5	4	0,65	0,52	0,52
5. Надежность	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
6. Безопасность	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
7. Простота эксплуатации	0,05	4	5	5	0,20	0,20	0,25
8. Уровень шума	0,04	3	3	4	0,12	0,12	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
9. Конкурентоспособность продукта	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
10. Уровень проникновения на рынок	0,03	3	4	2	0,09	0,12	0,06
11. Цена	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
13. Послепродажное обслуживание	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06

14. Наличие финансирования	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Итого	1	60	56	44	3,94	3,65	3,34

По результатам оценки можно выделить следующие конкурентные преимущества модернизации ВКС: повышенная энергоэкономичности (энергия сжатого воздуха используется э для различного оборудования), повышенная безопасность и надежность, увеличение производительности. Длительный срок эксплуатации.

4.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в исследовательский проект.

Таблица 4.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное Значения (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценка качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,06	70	100	0,70	0,042
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,14	75	100	0,75	0,105
3.Помехоустойчивость	0,02	50	100	0,50	0,010
4.Энергоэкономичность	0,14	70	100	0,70	0,098
5.Надежность	0,18	100	100	1	0,18
6. Безопасность	0,04	80	100	0,80	0,032
7. Уровень шума	0,03	40	100	0,40	0,012
8. Ремонтопригодность	0,09	80	100	0,70	0,063

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9. Уровень проникновения на рынок	0,06	80	100	0,80	0,048
10. Цена	0,04	50	100	0,50	0,02
11. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	90	100	0,90	0,08
12. Конкурентоспособность продукта	0,03	60	100	0,60	0,018
13. Послепродажное обслуживание	0,02	65	100	0,65	0,013
14. Наличие финансирования	0,05	70	100	0,70	0,035
Итого	1	980		9,8	0,756

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $П_{ср}$ – позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $П_{ср}$ – получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot B_i =$$

Данное значение лежит в интервале от 0,6 до 0,8, следовательно, перспективность разработки проекта модернизации – выше среднего уровня.

4.4. SWOT-анализ

Для получения четкой оценки проекта и его перспектив необходимо провести SWOT-анализ. SWOT-анализ – это определение сильных и слабых

сторон проекта, а также возможностей и угроз, исходящих из ближайшего окружения (внешней среды).

Результаты SWOT-анализа представлять в табличной форме (таблица 4.4).

Таблица 4.4 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями;</p> <p>С2. Наличие квалифицированного персонала;</p> <p>С3. Простота конструкции</p> <p>С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>С5. Повышенная надежность оборудования</p> <p>С6. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл2. Допущения, производимые при расчетах;</p> <p>Сл3. - остановка всей установки в случае поломки;</p> <p>Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования;</p> <p>Сл5. Неоднозначность в определении причин вибрации.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Сотрудничество с предприятием изготовителем компрессорных установок;</p> <p>В3. Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый компрессор;</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>В1С2 – использование инновационной инфраструктуры ТПУ для проведения научного исследования предполагает возможности для реализации бюджетного финансирования с вовлечением квалифицированного персонала;</p> <p>В2С3С4 - Сотрудничество с предприятием-изготовителем позволяет провести более глубокое исследование причин повышенной вибрации при использовании материалов и оборудования предприятия изготовителя, а также найти способ еще</p>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>В2Сл5 – предприятие изготовитель, возможно, не будет заинтересовано в сотрудничестве по поиску решений, исключающих вибрацию, при неоднозначном определении ее причин;</p> <p>В3Сл2Сл3Сл5 - предприятие, эксплуатирующее компрессорную станцию, может не быть заинтересовано в исследовании проблемы, причины которой неоднозначно обозначены, допускающем некоторые упрощения при расчетах и исключающем учет некоторых факторов. Оценки важности этих факторов мной и предприятием могут не совпадать.</p>

	<p>большого упрощения конструкции;</p> <p>ВЗСЗС4 - Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим компрессор, подразумевает практическое подтверждение или опровержение результатов расчетов, более глубокое исследование причин повышенной вибрации при проведении исследований на предоставленном предприятии оборудовании;</p>	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на результаты исследования;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование;</p> <p>У4. Недостаточная точность расчетов, обусловленная упрощениями при их проведении;</p> <p>У5. Отсутствие экономической обоснованности применения результата исследования.</p> <p>У6 Введение дополнительных требований на сертификацию продукции</p>	<p>Сильные стороны и угрозы:</p> <p>У1С1.Продвижение ВКС с целью создания спроса.</p> <p>У2СЗС4.конкурентные исследования могут обладать более точными данными по анализу и способ упрощения может быть более рационален.</p>	<p>Слабые стороны и угрозы:</p> <p>У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 - отсутствие спроса на результаты исследования может быть обусловлено влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также проблемы проверки потенциальными потребителями результатов исследования на своих насосах;</p> <p>У2Сл1Сл2Сл3Сл5 – конкурентные исследования могут быть проведены с более высокой точностью и более глубоким анализом причин вибрации;</p> <p>У3Сл5 – снижение бюджета может быть обусловлено недостаточностью анализа проблемы;</p> <p>У4Сл2Сл3Сл5 - недостаточная точность расчетов может быть обусловлена влиянием на точность расчетов упрощений и допущений, а также неверным определением причин исследуемой проблемы.</p> <p>.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследовательского проекта.

4.5. Планирование управления исследовательским проектом

4.5.1. План проекта

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 4.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель, дипломник
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	3	Подбор и изучение	Дипломник
	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых параметров для построения	Дипломник
	6	Расчет и построение модели ВКС	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

4.5.2. Определения трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.5.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; ($T_{кал} = 366$);

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году; ($T_{вых} = 104$);

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году. ($T_{пр} = 15$);

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения приведены в таблице 6.

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел.-дни.	t_{max} , чел.-дни.	$t_{ож}$, чел.-дни.			
Составление и утверждение технического задания	1	3	2	Руководитель, Бакалавр	2	3
Подбор и изучение литературы по теме	11	16	13	Бакалавр	13	19

Выбор направления исследований	7	14	10	Руководитель, Бакалавр	7	11
Календарное планирование работ по теме	1	3	2	Руководитель, Бакалавр	2	3
Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности работы ВКС	12	16	14	Бакалавр	14	21
Проведение расчетов	7	19	11	Бакалавр	11	16
Оценка результатов исследования	4	7	5	Руководитель, Бакалавр	5	7
Оформления отчета	3	5	4	Бакалавр	4	6
Заключение	2	4	3	Руководитель, Бакалавр	3	4
ИТОГО:					61	90

На основании таблицы 7 построим диаграмму Ганта (таблица 7), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 4.7 – Календарный план-график проведения работ по теме

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление ТЗ	Руководитель, Бакалавр	3												
2	Изучение литературы	Бакалавр	19												
3	Выбор напр. исслед.	Руководитель, Бакалавр	11												
4	Календар. план.	Руководитель, Бакалавр	3												
5	Поиск тех. решений	Бакалавр	21												
6	Провед. теор. расч.	Бакалавр	16												
7	Оценка результатов	Руководитель, Бакалавр	7												

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 8.

Таблица 4.8 – Материальные затраты

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу с учетом НДС, руб	Сумма, руб
1	Бумага для принтера	уп.	1	350	350
2	Файлы для бумаги	шт.	100	2,1	210
3	Ручка	шт.	2	10	20
4	Карандаш	шт.	3	20	40
5	Тетрадь	шт.	1	60	60
6	USB-флеш-накопитель	шт.	1	400	400
Итого:					1080

4.6.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научного руководителя и бакалавра, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 35120 руб., для исполнителя (студента) – 12130 руб. Расчет основной заработной платы сводим в таблице 8.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	35120	1,3	45656	2566,61	19	48765
Бакалавр	12130	1,3	15769	937,13	42	39360

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату.

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

где $Z_{осн}$, $Z_{доп}$ – основная и дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_r, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_r – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 6);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.дн. (таблица 10).

Таблица 4.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней –выходные дни –праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	62	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	185	175

Дополнительная заработная плата включает сумму выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (9)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб; $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (0,15); $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 10 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.11 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	48765	39360
Дополнительная зарплата	7614,75	5904
Итого по статье $C_{зп}$	56380	45264

4.6.3. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений по внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = K_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дол}), \quad (10)$$

где $k_{внеб} = 30,2\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды приведены в таблице 11.

Таблица 4.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Бакалавр
Зарплата	56380	45264
Отчисления во внебюджетные фонды	17026,76	13669,73

4.6.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{нр}, \quad (11)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%).

4.6.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 13.

Таблица 4.13 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88125

2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13518,75
3. Отчисления во внебюджетные фонды	30696,49
4. Материальные затраты	1080
5. Накладные расходы	8657,64

4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\phi_{pi}}{\phi_{max}}, \quad (12)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; ϕ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; ϕ_{max} – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{142077,88}{142077,88} = 1;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ; \quad (13)$$

где:

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,20	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
3. Ремонтнопригодность	0,10	4	4	3
4. Энергосбережение	0,15	4	4	3
5. Надежность	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	3
ИТОГО:	1	26	21	19

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,6;$$

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,2$$

$$I_p = 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсо-эффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_p}{I_{финр}^{испi}} = \frac{4,6}{1} = 4,6$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_p}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,2}{1} = 4,2$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_p}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{3,4}{1} = 3,4$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп3}}} = \frac{4,6}{3,4} = 1,35$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп3}}} = \frac{4,2}{3,4} = 1,24$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп3}}} = \frac{3,4}{3,4} = 1$$

Таблица 4.15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,2	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,6	4,2	3,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,35	1,24	1

Вывод по разделу:

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены следующие вопросы: составление календарного плана проект, на основании которого была построена диаграмма Ганта; определение бюджета проекта.

Учитывая показатели ресурсной (ресурсоберегающей), бюджетной и экономической эффективности, целесообразно для проведения исследования

и эффективной работы поршневого компрессора в составе воздушной компрессорной станции (ВКС) будет выбрать исполнения 1.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет равный 142077,88 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования воздушной компрессорной станции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: Воздушная компрессорная станция. Область применения: пневмоинструменты, пневмоприемники
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ПБ 03-581-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов»</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1.1 Анализ вредных производственных факторов при эксплуатации ДКС.</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибраций; - повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; - повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися; <p>1.2 Анализ опасных производственных факторов.</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожаро-взрывоопасность; - повышенное значение напряжения в электрической цепи; - острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях инструментов и оборудования; - молниезащита.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Атмосфера: выброс оксида алюминия. Гидросфера: загрязнение сточных вод. Литосфера: загрязнение почвы отходами производства и потребления.</p>

<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – нарушение рабочего режима маслосистемы; – нарушение рабочего режима маслосистемы нарушение герметичности трубопроводов и установки, разливы масла; – неисправность электрооборудования; – перегрузка электрических приборов; – применение открытого огня, проведение сварочных работ вблизи мест расположения горюче-смазочных материалов, сгораемых конструкций и горючих веществ. – чрезвычайные ситуации природного характера <p>Наиболее типичная ЧС: нарушение рабочего режима маслосистемы.</p>
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Куклин Евгений Олегович		

5. Социальная ответственность

Объектом исследования является воздушная компрессорная станция, предназначенная для получения сжатого воздуха, который используется на различных предприятиях как энергоноситель

Сущность работ заключается в выполнении следующих технологических операций: расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования воздушной компрессорной станции.

В разделе «Социальная ответственность» проанализированы вопросы производственной безопасности (вредные факторы, опасные факторы), аспекты экологической безопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях, а также приводится комплекс правовых и организационных мероприятий, направленных на повышение безопасности.

Место расположения производства работ –Крайний Север, Ханты-Мансийский автономный округ. Климат резко континентальный Суровая продолжительная зима с сильными ветрами и метелями, весенними возвратами холодов, поздними весенними и ранними осенними заморозками

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Правила безопасной эксплуатации воздушных компрессорных станций регламентируются ПБ 03-581-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов».

Ответственным за правильную и безопасную эксплуатацию компрессорной установки и воздухогазопроводов назначается приказом лицо, имеющее законченное техническое образование и практический стаж по эксплуатации компрессоров. К самостоятельной работе по обслуживанию компрессорных установок могут быть допущены лица не моложе 18 лет, признанные годными по состоянию здоровья, обученные по соответствующей

программе и имеющие удостоверение квалифицированной комиссии на право обслуживания компрессорных установок. Эксплуатирующая организация обязана установить порядок обучения и допуска персонала, обслуживающего компрессорные установки. [4]

Рабочий должен пройти инструктажи по безопасности труда в следующем порядке [4]:

- при приеме на работу – вводный и первичный на рабочем месте;
- в процессе работы минимум один раз в 6 месяцев – повторный;
- внеплановый, в случае перерыва в работе более 60 календарных дней,

при изменении правил, инструкций по охране труда, замене или модернизации оборудования, а также при нарушении требований безопасности труда.

Рабочие места машинистов компрессорных установок должны быть обеспечены руководством по эксплуатации, планами локализации аварийных ситуаций (ПЛАС) и схемами эвакуации людей, при этом параметры безопасной работы и установленные значения блокировок и сигнализаций вывешиваются на стендах. [4]

Для защиты от вредных и опасных факторов рабочему выдаются СИЗ согласно приказу Минздрав соцразвития России от 09.12.2009 N 970н (ред. от 20.02.2014) "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением" для зимнего и летнего времени года.

Режимы труда и отдыха регламентируются графиком работы, утвержденным работодателем с учетом мнения профсоюзной организации. Дни нахождения в пути к месту работы в рабочее время не включаются.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении компоновки компрессорной станции необходимо [15]:

1. При наименьшей стоимости строительства соблюдать надежность, безопасность и удобство обслуживания оборудования как в нормальных, так и в аварийных условиях при минимальном количестве обслуживающего персонала и максимальном использовании средств автоматизации;
2. Выделять взрывоопасное и пожароопасное оборудование и материалы в отдельные помещения, соответствующие специальным нормам и условиям;
3. Предусматривать защиту строительных конструкций зданий от действия вибрационных колебаний при работе оборудования, создающего эти колебания;
4. Соблюдать требования правил техники безопасности и охраны труда, санитарных и строительных норм, технических условий и правил проектирования промышленных предприятий, а также противопожарных правил.

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя, или в положениях и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать [14]:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.).

Все основное оборудование обязательно заземлено.

5.2. Производственная безопасность

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-2015». [16]

Проанализируем основные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации воздушной компрессорной станции. Перечень опасных и вредных факторов при добыче нефти и газа представлен в таблице 1.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при эксплуатации воздушной компрессорной станции [16]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [5]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. повышенный уровень шума на рабочем месте;	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. [17] ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. [18]. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[24]. Российская Федерация. Постановление Правительства РФ №344 от 12.06.2003г.: О нормах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сбросы загрязняющих веществ в водоемы, размещение отходов производства и потребления. [29] Требования к защите от повреждения в результате контакта с насекомыми представлены в ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов. Общие технические требования. Методы испытания [32].
2. повышенный уровень вибрации;	-	+	+	
3. повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;	+	+	+	
4. контакт с животными, насекомыми, пресмыкающимися;	+	+	+	
5. недостаточная освещенность рабочей зоны;	+	+	+	

6. пожаро-взрывоопасность;	+	+	+	Требования к движущимся машинам и механизмам устанавливаются в ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности [31].
7. острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях инструментов и оборудования;	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [20] СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты.
8. Поражение электрическим током.	+	+	+	Эвакуационные пути и выходы.[21] РД 34.21.122-87 «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений».[27]
9. Молниезащита	-	+	+	

5.2.1. Анализ вредных факторов производственной среды

Недостаточная освещенность рабочей зоны:

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости.

К таким же последствиям приводит работа при ограниченном спектральном составе света и монотонном режиме освещения. На территории ВКС устанавливаются прожектора.

Согласно СНиП 23-05-95 допустимой нормой освещенности для компрессорных станций являются уровни, указанные в таблице 2.

Таблица 5.2 – Нормы освещенности [24]

Освещаемые объекты	Средняя освещенность $E_{ср}$, лк не менее
Машинные залы насосных, компрессорные, воздуходувки с постоянным дежурством персонала.	150 (100)

Рекомендуется следующий порядок осуществления мероприятий по устройству искусственного освещения:

- определение площади, подлежащей освещению, а также площади наибольшей концентрации работ;
- установление нормы освещенности поля зрения в зависимости от разряда зрительных работ;
- выбор системы освещения;
- выбор источников света и расчета их необходимого количества;
- выполнение проекта распределения осветительных средств с учетом параметров их установки и необходимости обеспечения равномерного распределения светового потока.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Технологические процессы являются источником сильного шумового воздействия на здоровье людей, непосредственно принимающих участие в технологических процессах. Источником сильного внешнего шума на дожимной компрессорной станции являются движущиеся машины, системы воздушного охлаждения.

В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека.

Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость.

По ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума составляет 80 дБ. [17] Обслуживающий персонал в качестве индивидуальной защиты слуха использует защитные наушники по ГОСТ 12.4.051.

Повышенный уровень вибрации

Источники вибрации на ВКС– воздушные компрессоры и водяные насосы.

Вибрация оказывает вредное воздействие на организм человека, может вызвать заболевание суставов и мышц, нарушить двигательные рефлекс

организма. Постоянная вибрация повышенного плана, кроме того, вызывает у рабочих раздражительность и другие неприятные ощущения.

Защита от вибрации:

- применяют рукавицы или перчатки следующих видов: со специальными виброзащитными упругодемпфирующими вкладышами, полностью изготовленные из виброзащитного материала [18];
- виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке [25];
- использовать обувь на толстой резиновой или войлочной подошве. [18].

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Температура воздуха рабочей зоны оказывает непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимний и летний периоды года в каждом из климатических регионов должны быть обеспечены спецодеждой [16]:

- костюмы для защиты (от токсичных веществ, от пыли, от механических воздействий, от насекомых, т.д.);
- ботинки кожаные с жестким подноском или сапоги кожаные с жестким подноском;
- сапоги резиновые с жестким подноском или сапоги болотные с жестким подноском;
- нарукавники из полимерных материалов;
- перчатки с полимерным покрытием;
- перчатки резиновые или из полимерных материалов;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;

- очки защитные;
- маска или полумаска со сменными фильтрами;
- прочие виды защитных спецодежд.

Для поддержания нормального микроклимата в помещении наиболее совершенным средством является вентиляция. Согласно СНИП 2.04.05086 в укрытии с объёмом 20-40 м³ предусматривается приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая подачу воздуха не менее 20 м³/час на человека.

Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися:

В местах выполнения работ можно столкнуться с различными животными, в том числе с пресмыкающимися, которые при определенных обстоятельствах могут представлять потенциальную угрозу для жизни и здоровья человека. При встрече с животными необходимо дать им возможность уйти, так как они нападают на человека, только если ранены, очень голодны, испуганы или защищают детёнышей. Запрещается выбрасывать пищевые отходы на местности.

В летний период человек подвержен воздействию насекомых. Насекомые и паукообразные наносят вред здоровью человека, а также являются переносчиками различных заболеваний. К таким насекомым относятся: клещи, гнус, комары, слепни, мошка и т.д.

Средствами защиты от воздействия являются: специальная одежда, инсектицидные средства, репелленты для отпугивания насекомых. [32].

5.2.2. Анализ опасных факторов производственной среды

Взрывоопасность и пожароопасность

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на четыре основные группы [21]:

- предупреждение пожаров, т.е. исключение причин их возникновения;
- ограничение сферы распространения огня;

- обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из очага пожара;
- создание условий для эффективного тушения пожара.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Машинный зал ВКС должен иметь противопожарную технику по ГОСТ 12.4.009 – 92. [22]

Источники взрыва и пожара:

- открытый огонь и искры;
- высокая температура;
- повреждение зданий и оборудования;
- несоблюдение техники пожарной безопасности.

В процессе проведения огнеопасных работ на площадке компрессорной станции и обслуживания оборудования существует возможность возникновения пожара.

В зависимости от размера и расположения очага, в качестве средств пожаротушения применяются следующие средства:

- первичные средства пожаротушения;
- огнетушители переносные, передвижные, стационарные углекислотные;
- пожарные рукава;
- пожарный инвентарь;
- установка пожаротушения.

Курение разрешается только в специально отведенных местах.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Действие электрического тока на человеческий организм носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток

вызывает термическое, электролитическое, биологическое и механическое действие. Такое многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации регламентируются ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электро-безопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты» [20].

Для предотвращения опасных ситуаций для жизни человека проводятся мероприятия по электробезопасности, которые включают в себя:

- все токоведущие части электрических устройств изолированы;
- по способу защиты человека от поражения электрическим током изделия средств автоматического управления соответствуют классам 1 и 2 и классу 3 по ГОСТ 12.2.007-03;
- все потребители электроэнергии имеют заземление или зануление согласно ГОСТ 12.1.030-96;
- все части устройств, находящиеся под напряжением размещены в корпусах, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала;
- устройства снабжены световыми индикаторами включения питающей сети.

Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструментов и оборудования

В связи с тем, что острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок являются неотъемлемой, к сожалению, частью производства, то работник должен быть максимально внимателен к выполняемым работам и, в случае экстренных ситуаций уметь немедленно оказать первую медицинскую помощь пострадавшему, или же себе.

Данный вид опасностей контролируется ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». [16]

Молниезащита

В соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 проектируемое здание с защитным контуром относится к сооружениям II категории по устройству молниезащиты и подлежит защите от прямых ударов молнии, вторичных ее проявлений (электростатическая и электромагнитная индукция) и статического электричества согласно " Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности и «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87. [27]

Защита от прямых ударов молнии выполняется отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, предусматривается генеральным проектировщиком при разработке разделов «Генплан» и «Транспорт».

5.3. Экологическая безопасность

Актуальная задача промышленного производства - охрана окружающей среды от загрязнений.

Промышленные предприятия выбрасывают различные выбросы и отходов в атмосферу, гидросферу и литосферу.

На ВКС технические масла хранятся в расходных баках в отделении зарядки воздушных фильтров.

Атмосфера

ВКС имеет чистые технологические и вентиляционные выбросы (в пределах ПДК). Атмосферу загрязняет оксид алюминия (подсушка силикагелем). Норматив платы за его выбросы [29].

На ВКС защиты атмосферы не требуется. Для удаления паров оксида алюминия из рабочей зоны нужно установить осевые или крышные вытяжные вентиляторы с фильтрами.

Оборудование – типовое, все емкости герметичны. Испарение нефтепродуктов отсутствует, нет открытых сборников масла.

Воздух, который стравливается через байпасный клапан в атмосферу, содержит мало вредных примесей.

Гидросфера

Гидросферу загрязняют [29]:

- сточные воды с нефтепродуктами и пылью от влажной уборки помещений (Na+);
- сточные воды с (Na+), сбрасываемые в производственную канализацию (мытьё рук и помывка в душе);
- техническая вода, содержащая масло 2,5% от расхода;
- стоки периодической продувки охладителей воздуха и масла, (Na+).

Экономический ущерб гидросфере суммируется по всем вредным веществам. [18]

Мероприятия для снижения ущерба гидросфере:

- Меньше применять поверхностно – активные вещества для влажной уборки.
- Выполнить нейтрализацию щелочных сточных вод кислотным раствором в металлическом баке.
- Стоки канализационные подвергать биологической очистке, а также ультрафиолетовому облучению.

Литосфера

Работа ГПА требует регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и объектов влечет за собой образование твердых отходов производства. К ним относятся: металлолом черный и цветной,

фторопласт, каучук, поронит, стекловата, прочий бытовой и технический мусор.

На территории ВКС расположены баки для отходов различных видов. Отходы черного и цветного металлов сдают на переработку.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации при эксплуатации ВКС:

- нарушение рабочего режима маслосистемы;
- нарушение герметичности трубопроводов и установки, разливы масла;
- неисправность электрооборудования;
- перегрузка электрических приборов;
- применение открытого огня, проведение сварочных работ вблизи мест расположения горюче-смазочных материалов, сгораемых конструкций и горючих веществ;
- чрезвычайные ситуации природного характера.

Наиболее распространенным видом чрезвычайных ситуаций эксплуатации воздушной компрессорной станции является нарушение рабочего режима масла.

Система маслообеспечения (маслосистема) предназначена для снабжения блока компрессора маслом низкого давления. Маслосистема снабжена средствами измерения и контроля, а также имеет защитные блокировки: предупредительные и аварийные, обеспечивающие отключение агрегата при нарушении рабочего режима маслосистемы. Большая их часть объединены на щите контроля, который размещен в отсеке компрессора. Основные элементы маслосистемы установлены внутри отсека компрессора. Подготовка и включение маслонасосов в работу выполняется в следующей последовательности: заполнение насосов, удаление воздуха, включение на закрытую напорную задвижку, подача масла в систему смазки.

При воздействии на кнопку аварийного останова, сбросные клапана, регулирующие клапана и регулирующие диафрагмы должны мгновенно

закрываются. При возникновении аварийной ситуации в маслосистеме и невозможности восстановления режима производят разгрузку компрессорного агрегата и его отключение. Причинами повышения температуры масла могут быть: резкое повышение нагрузки, нарушение работы маслоохладителей по причине их завоздушивания и прочее.

При возникновении пожаров в маслосистеме и невозможности его устранения производят аварийный останов компрессорной установки.

При загорании масла в ГМБ производят слив масла в БАСМ и производится подача углекислоты в ГМБ.

Повышение устойчивости предприятия к ЧС при эксплуатации ВКС осуществляется за счет выполнения следующих мероприятий:

- оборудование, специальные приспособления и материалы, необходимые для ликвидации аварийных ситуаций, всегда должны находиться на складах аварийного запаса;
- покрытие огнезащитной краской конструкций, оснащение средствами пожаротушения рабочего места оператора;
- обучение работников действиям по безопасной остановке оборудования, а также регулярный инструктаж по пожарной безопасности.

Заключение

В ходе выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» были проанализированы вредные и опасные производственные факторы, которые могут оказать влияние на организм человека при эксплуатации воздушной компрессорной станции, а также рассмотрены мероприятия по минимизации их воздействия на рабочий персонал, были глубоко изучены аспекты экологической безопасности и меры по уменьшению ущерба окружающей среде, исследованы моменты безопасности в чрезвычайной ситуации и рассмотрен план ликвидации аварий.

КС является объектом повышенной опасности для всего персонала ВКС, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны сменный персонал, специалисты

предприятия, которые прошли обучение и знают допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

Заключение

На основе исходных данных основных параметров воздуха были рассчитаны основные компоненты воздушной компрессорной станции, проведен подбор соответствующего оборудования, с расчетом и анализом подходящих вариантов и рассчитаны режимы работы ВКС.

1. В качестве компрессора был выбран поршневой компрессор 5ВП-40/3, а по расчетам назначено необходимое количество рабочих и резервных установок. (1 смена 7 шт. рабочих и 1 резервный ; 2 смена 5 шт. рабочих и 1 резервный; 3 смена 3 шт. рабочих и 1 резервный)

2. Металлические фильтры со смоченными виниловым маслом кассетами были рассмотрены и предложены для очистки поступающего в компрессор воздуха на ВКС, и рассчитана требуемая поверхность фильтра и кол-во.

3. Проанализировав варианты воздухоохладителей рациональным выбор стал кожухотрубчатый воздухоохладитель с площадью поверхности теплообменника равной 35 м²;

4. Проанализировав варианты маслоохладителей рациональным выбор стал кожухотрубчатый воздухоохладитель с площадью поверхности теплообменника равной 450 м².

5. Расчитан и выбран влагомаслоотделитель с объем равным 0,122 м³.

6. Расчитан и выбран воздухосорбник с объем равным 8 м³.

Список литературы

1. Перовщиков, С. И. Проектирование и эксплуатация компрессорных станций / С. И. Перовщиков; Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. – Тюмень, 1996. - 86 с.
2. Блейхер И.Г., Лисеев В.П. Компрессорные станции/ Издательство «Машгиз», 1959 – 323 стр.
3. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры / С.А Абдурашитов, А.А Тупиченков, И.М. Вершинин; М., «Недра», 1974. – 296 с.
4. Гост 8732 – 58. Трубы стальные бесшовные горячекатаные.
5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст]/ Н.Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
6. Бажан П.И. Справочник по теплообменным аппаратам/ П.И. Бажан, Г.И., Г.Е. Каневец. - М.: Машиностроение, 1989. -366 с.
7. Системы воздухообеспечения предприятий: Учеб. пособие для вузов/ А.М. Парамонов, А.П. Стариков.-СПб.: Лань, 2011.-160 с.
8. Горбушкин Ю.В. Компрессорные станции для получения сжатого воздуха: учеб.-методич. пособ. / Ю.В. Горбушкин – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 35 с.: ил.
9. Леонтьев А.П. Слесарь по ремонту технологического оборудования / А.П. Леонтьев, А.Г. Мозырев, С.А. Леонтьев
10. Рахмилевич, З. З. Компрессорные установки / З. З. Рахмилевич. – М. : Химия, 1989. – 272 с.
11. Справочник инженера-нефтяника. Том III. Наземные сооружения и технологии обустройства. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. – 848с.
12. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
13. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

14. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
15. ПБ 03-581-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов».
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.
17. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
18. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
19. ГОСТ 27409-97. Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения.
20. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
21. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
22. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
23. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
24. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.
25. ГОСТ 12.4.002-97 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний.
26. ГОСТ Р 22.0.03. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации.

27. РД 34.21.122-87 «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

28. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

29. Российская Федерация. Постановление Правительства РФ №344 от 12.06.2003г.: О нормах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, сбросы загрязняющих веществ в водоемы, размещение отходов производства и потребления. – М. 2003.–6 с.

30. ГОСТ Р 22.0.03. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации.

31. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.

32. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов. Общие технические требования. Методы испытания.